CUM SCIENTIA PRO AQUIS HUNGARIAE

Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia tanulmányai

Kézirat változat

Szerkesztette:
BÍRÓ TIBOR

dialóg Campus

ISBN 978-615-5845-21-5 (nyomtatott)
ISBN 978-615-5845-22-2 (elektronikus)

Kedves Olvasó!

A hazai települési vízgazdálkodás meghatározó, ám kevésbé gondozott és átgondolt területe a csapadékvíz-gazdálkodás. Bár a szennyvízelvezetési program változást hozott a csapadékvizek életében is, a velük való ésszerű gazdálkodásról még aligha beszélhetünk.

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

A nagyintenzitású csapadékok soha nem látott elöntéseket és helyi vízkárokat okozhatnak a településeinken. Teljes biztonságot adó valószínűséggel történő megakadályozásuk a jelenlegi infrastrukturális adottságok tükrében nem képzelhető el.

A települések ma még alig tekintenek úgy a csapadékra, mint vízkészletre, holott a csapadékvizek tudatos visszatartása nemcsak a települések vízháztartására fejt 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 általi preventív települési vízgazdálkodás, valamint az élhetőbb és üdébb környezet megteremtését.

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

A csapadékvíz-gazdálkodás szükségszerűen a szakma homlokterébe került, széleskörű összefogást sürgetve. A 2017 novemberében Baján, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Karán megrendezett konferencia szervezői között valamennyi szakmai szervezet felsorakozott, melyet az igazgatás és a tudományos élet képviselői tettek teljessé.

A plenáris és a szekcióülések keretében közel 70 előadás hangzott el, melynek köszönhetően a tisztelt olvasó most 27 válogatott publikációt tarthat a kezében. Hasznos olvasást kívánok hozzá.

Dr. Bíró Tibor dékán

Nemzeti Közszolgálati Egyetem

Víztudományi Kar

Tartalomjegyzék

I. FEJEZET A TELEPÜLÉSI VÍZGAZDÁLKODÁS HIDROLÓGIAI FOLYAMATAI SZEKCIÓ 7

1. Lakatos Mónika és Hoffmann Lilla: Növekvő csapadékintenzitás, magasabb mértékadó csapadékok a változó klímában 8
2. Ilyés Csaba – Turai Endre – Szűcs Péter: Csapadékösszegek és talajvízszint idősorok spektrális elemzése 17
3. Domján Anita, Nagy Gábor, Dr. Ronczyk Levente, Dr. Czigány Szabolcs: Reakció idő számítása hidrológiai mérőhálózat alapján Pécsett 25
4. Ilyés Csaba – Lénárt László – Szűcs Péter – Horányiné Csiszár Gabriella – Üszögh Lajos: Miskolc villámárvizeinek elemzése a Bükki források és a városi szennyvízelvezető rendszer hozamadatai alapján 36
5. Bardóczyné Székely Emőke: A Biológiai Aktivitás Érték (BAÉ) fogalma és kapcsolata a települési hidrológiával 43
6. Török László, Orgoványi Péter, Salamon Endre: A mérnök számára szükséges csapadékadatok és számítási módszereik a települési csapadékvíz elvezetéstől a csapadékvíz gazdálkodásig 54

II. fejezet: Települési infrastruktúra és települési vízgazdálkodás szekció 64

7. Tamás János, Nagy Attila, Riczu Péter, Fehér János: Nagyfelbontású 3d városmodell felépítése és szerepe a települési vízgazdálkodásban 65
8. Komárominé Kucsák Mónika: Városi zöldfelületek növelésének vizsgálata a villámárvízi elöntések enyhítése érdekében, konkrét példán keresztül 76
9. Karches Tamás, Mátrai Ildikó, Orgoványi Péter, Vadkerti Edit: Csapadékesemény hatása a mozgó ágyas biofilm reaktorokat alkalmazó szennyvízkezelési technológiára 90
10. Puskás Tibor: Szélsőséges időjárási események hatása a pécsi víz- és szennyvízszolgáltatásra konkrét esetek alapján 98
11. Ámon Gergely: Települési vízrendszerek tervezése modellezéssel 108
12. Kozák Péter: Települési csapadékvíz kezelés és a külterületi vízelvezető rendszerek diszharmóniájának bemutatása Dél-alföldi esettanulmányokon 118

13. Mrekva László: A zöld infrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyás-szabályozásában /1. rész/ 128

14. Mrekva László: A zöld infrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyás-szabályozásában /2. rész/ 142

15. Goda Zoltán: A villámárvizek meteorológiai háttere 156

III. fejezet: Csatornahálózatokra gyakorolt hatások és a fenntartható csapadékcsatornázás szekció 165

16. Dulovics Dezsőné: A települési csapadékvíz-gazdálkodás csatornahálózatra gyakorolt hatásai 166

17. Istók Balázs: Lézerscannelt 3D felszínmodell alkalmazása csatornakiöntések modelljének pontosítására 180

18. Salamon Endre: Csatornahálózat hidraulikai modellezése az oktatásban 190

19. Rácz Tibor: A 2017.05.23-i felhőszakadás Budapesten és a 2015. évi három fővárosi felhősszakadás jellemzői. Eltérések és hasonlóságok 200

20. Gerőfi-Gerhardt András: Budapest belváros csapadékvíz elvezető rendszerének bővítési lehetőségei 223

21. Hajtó Ödön: A vízügyi szabályozás és a csőstatika példája 235

22. Hancz Gabriella: A fenntartható csapadékcsatornázás várható eredményei debrecen példáján 243

IV. fejezet: Csapadékvíz-gazdálkodás katasztrófavédelmi aspektusai szekció 254

23. Békési István, Sólyom Péter: Települések belvíz-veszélyeztetettségének értékelése a közép-tisza vidékén 255

24. Jackovics Péter*:* kárelhárítási, veszélyhelyzet-kezelési és helyreállítási feladatok a katasztrófavédelem polgári védelmi szakterülete elmúlt öt éves tevékenységének tükrében. 262

25. Hábermayer Tamás: Katasztrófavédelmi önkéntesek szervezése a települések ár- és belvíz elleni védekezéséhez 273

26. Takács Krisztina – Kuti Rajmund: Extrém esőzések következtében kialakult csapadéktöbblet kezelésének tapasztalatai Győrben 288

27. Balatonyi László, Makay Gábor, Tóth László: A közelmúlt globális klímaváltozásai, helyi vízkáreseményei és költségvetési következményei a dél- dunántúli kis vízfolyásokon 296

28. Hoffmann Imre, Cimer Zsolt, Király Lajos: A csapadékvíz-gazdálkodás iparbiztonsági aspektusai 311

I. FEJEZET A TELEPÜLÉSI VÍZGAZDÁLKODÁS HIDROLÓGIAI FOLYAMATAI SZEKCIÓ

1. Lakatos Mónika és Hoffmann Lilla: Növekvő csapadékintenzitás, magasabb mértékadó csapadékok a változó klímában

Increasing trend in short term precipitation and higher return levels due to climate change

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, rövid idejű csapadékok, intenzitás-tartam-gyakoriság (IDF) görbék

Key words: climate change, short term intense precipitation, Intensity-Duration-Frequency curves

Absztrakt:

A múlt század elejétől bizonyos csapadékkal kapcsolatos szélsőségek gyakoribbá váltak térségünkben. A csapadék szélsőségek változásának nyomon követésére az OMSZ éghajlati adatbázisán alapuló homogenizált (MASH, Szentimrey), 10 km-es rácshálóra interpolált (MISH, Szentimre és Bihari) napi csapadék adatokat használtunk. Néhány, nemzetközi projektekben is alkalmazott szélsőség index alakulását mutatjuk be az említett adatbázison. A nyári és a téli csapadékintenzitás növekedett leginkább az évszakos elemzések szerint. A több mint fél évszázados nyári intenzitás változás azonban csak szűk területen szignifikáns. A 20 mm-t, illetve az 50 mm-t meghaladó napi összegű csapadékos események száma is növekedő tendenciát mutat. A rövid idő alatt lehullott, rendkívül nagy értékek visszatérési periódusa rövidült, amit a Pécs Pogány állomásra vonatkozó esettanulmány is alátámaszt. Az éghajlatváltozásra való felkészülés szükségessé tehetik a mérnöki gyakorlatban használatos IDF görbék felülvizsgálatát, erre mutatunk példát Pécs automata méréseire alapozva.

Abstract

Since the beginning of the last century the extreme rainfall has been intensifying in our region. Heavy rainfalls have been occurred several times in recent years due to climate change. The raw measurements we used in this study are originating from the climate database of the Hungarian Meteorological Service. The precipitation measurements were homogenized (MASH, Szentimrey) and interpolated (MISH, Szentimrey and Bihari) for 10 km resolution grid. Internationally widely used extreme climate indices were implemented and the fitted linear trend to the indices series were tested. The seasonal intensity (average daily precipitation) increased, particularly in summer and winter. However the half a century of changes depicted on the maps are significant only in narrow areas. The number of days above 20 mm and 50 mm increased too from 1901. The return period of extremely high values was shortened, as it is

shown in a case study for Pecs Pogany station. The Intensity-Duration-Frequency curves for Pecs are shown as well in this paper.

Bevezetés

Bizonyos, csapadékhullással kapcsolatos szélsőségek intenzitásában, gyakoriságában megmutatkozó tendenciák a változó éghajlat jelei. Noha a csapadékkal kapcsolatos jelenségek nagyobb bizonytalanságúak, mint a hőmérsékletváltozással összefüggő változások, sok térségben megfigyelhető a nagy csapadékot adó időjárási események és az árvizek gyakoriságának növekedése, ugyanakkor az aszályok is gyakoribbá és intenzívebbé váltak (IPCC SREX, 2011). Az időjárási szélsőségek fellépése 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 változékony éghajlati paraméter Közép-Európában, így térségünkben is. Az éghajlatváltozás hatására esetlegesen bekövetkező egyirányú tendenciák kevésbé egyértelműek, mint a hőmérséklet esetén. Az OMSZ egyik alapvető feladata az éghajlati monitoring, melynek során a szélsőségek nyomon követésére különböző szélsőség indexeket alkalmazunk. Számos szélsőség indexet származtathatunk a napi csapadékösszegből, mint alapvető éjhajlati paraméterből. Több nemzetközi projektben is számos szélsőség indexet definiáltak (Klein Tank and Konnen, 2003, Alexander et al., 2006, Donat et al, 2013), ezek többségét megvalósítottuk, és alkalmazzuk az éghajlati monitoring célokra. 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 az intentizás-tartam-gyakoriság görbék meghatározására hozunk példát.

Felhasznált adatok és módszerek

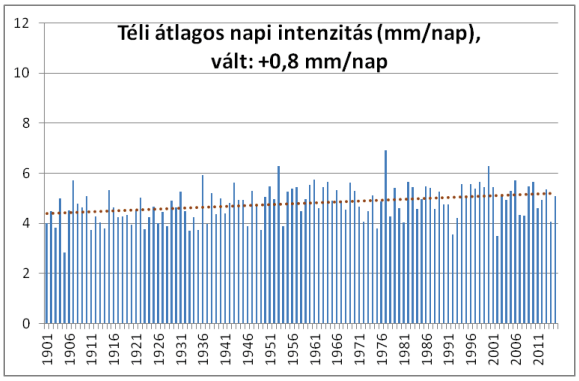
Az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatához reprezentatív éghajlati sorok szükségesek. Az OMSZ éghajlati adatbázisa képezi az elemzéseink alapját, ami a szisztematikus megfigyelések kezdetétől tartalmazza a meteorológiai méréseket. Ezek jellegükben és minőségükben is változtak az idők folyamán, főként az állomás áthelyezések és a mérési módszerek változása miatt. Egy, az OMSZ-ban fejlesztett homogenizálási eljárás (MASH, Szentimrey, 2011)

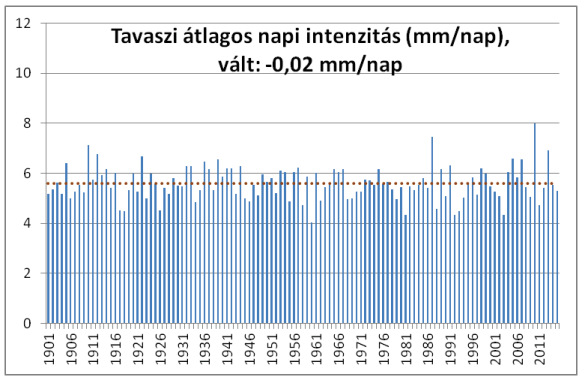
használatával az adatokat úgy kezelhetjük, minta a mérések a jelenlegi körülmények között zajlottak volna. A MISH (Szentimrey és Bihari, 2007) eljárással pedig rácspontokba interpoláljuk az adatokat, így a mérőhálózat egyenetlen elhelyezkedéséből adódóan a mérésekkel kevésbé lefedett területek éghajlati jellemzői is érvényesülnek az országos átlagsorokban. A számításokhoz az 1901-2015 közötti időszak homogenizált, rácspontokba interpolált, napi csapadék adatokat használtunk.

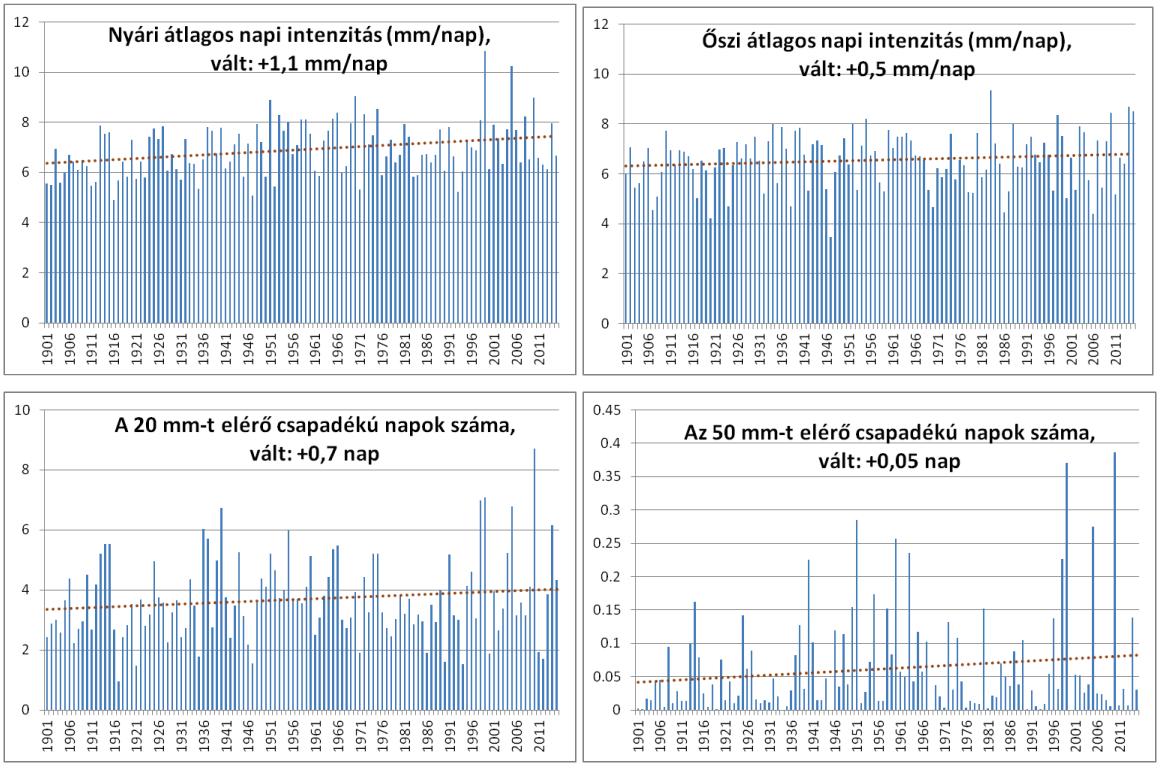
A változások nyomon követéséhez több, napi csapadékösszegen alapuló klímaindexet kiszámoltunk éves és évszakos skálán is, majd ezek rácsponti átlagával képeztük az országos átlagokat. Az országos átlagos index sorokat grafikonokon, míg a változás térbeli eloszlását térképen ábrázoljuk. A változásokat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

Csapadék szélsőségek alakulása extrém klímaindexek alapján

A csapadék éves összege a múlt század elejétől mindössze 6 %-os csökkenést mutat, az utóbbi években a tendenciózus változás kevéssé, 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, melynek mértéke -0,02 mm/nap. A nyári változás éri el ezek közül a statisztikailag szignifikáns (90%-os megbízhatóság) mértéket. A nyári intenzitás növekedés 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.







1. ábra. A téli, tavaszi, nyári és őszi átlagos napi csapadékintenzitás, valamint a 20 és 50 mm-t elérő csapadékú napok száma országos átlagban. Homogenizált, rácsponti átlagok, 1901-2015.

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

I. táblázat. Az egyes csapadékindexek normál értékei a legutóbbi három standard időszakra

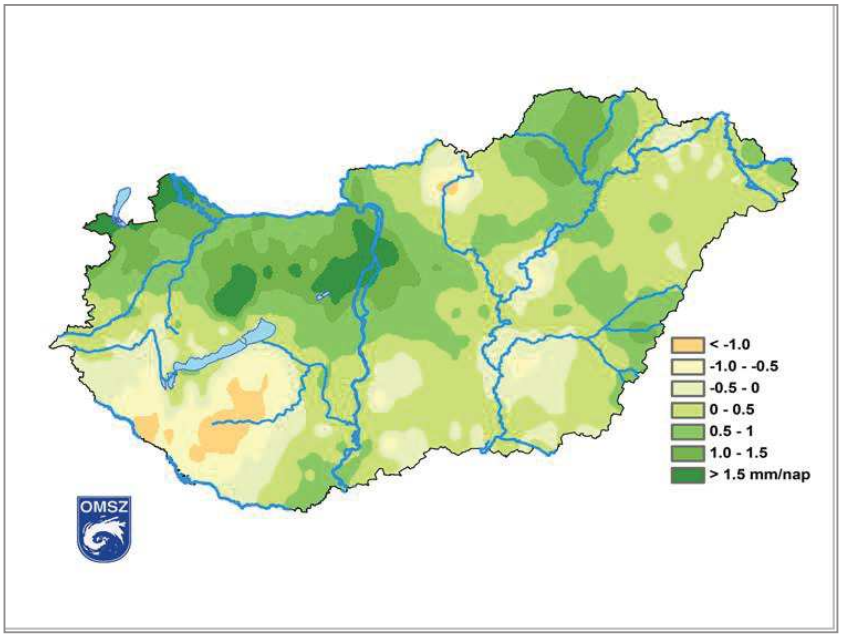
Éghajlati normálok	1961-1990	1971-2000	1981-2010
Téli átlagos napi csapadékintenzitás (mm/nap)	5,02	5,00	5,05
Tavaszi átlagos napi csapadékintenzitás (mm/nap)	5,54	5,50	5,59
Nyári átlagos napi csapadékintenzitás (mm/nap)	6,99	6,97	7,22
Őszi átlagos napi csapadékintenzitás (mm/nap)	6,50	6,54	6,65
20 mm-t 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

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

II. táblázat. Az egyes csapadékindexek változásai 1901-2015 és 1981-2015 között

Változások	1901-2015	1981-2015
Téli átlagos napi csapadékintenzitás	+ 0,8 mm/nap	+ 0,01 mm/nap
Tavaszi átlagos napi csapadékintenzitás	- 0,02 mm/nap	+ 0,6 mm/nap
Nyári átlagos napi csapadékintenzitás	+ 1,1 mm/nap	+ 0,7 mm/nap
Őszi átlagos napi csapadékintenzitás	+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

A nyári intenzitás változás térbeli eloszlását tekintve megállapíthatjuk, hogy a legutóbbi fél évszázadban a változások az ország északi régióiban jellemzően növekvőek, 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.

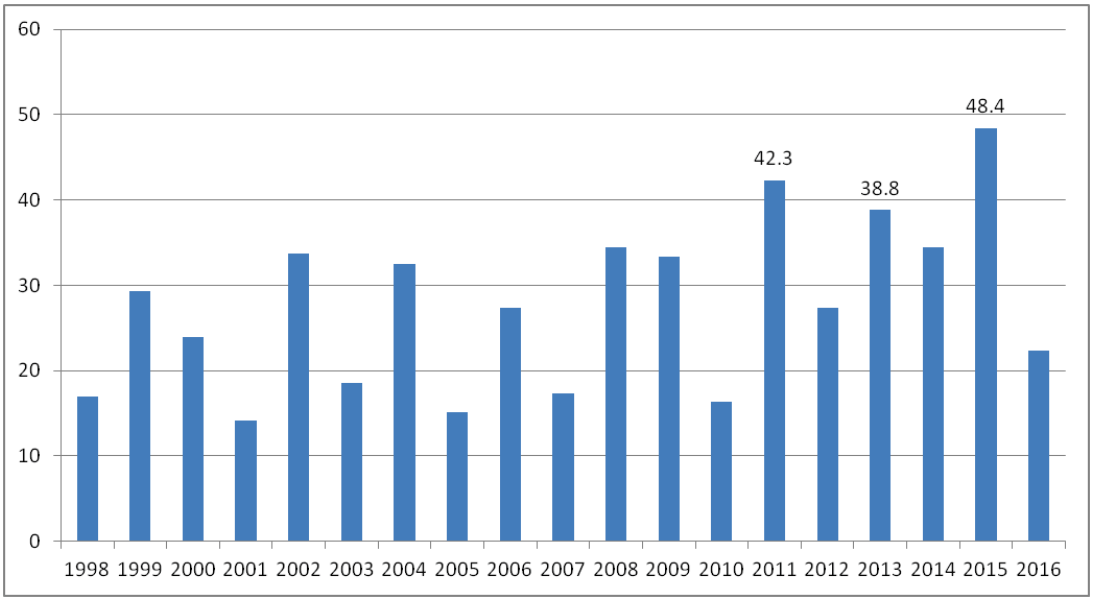


2. ábra A nyári átlagos napi csapadékosság (mm/nap) változása az 1961–2015 időszakban

A rövid idejű, mértékadó csapadékok alakulása

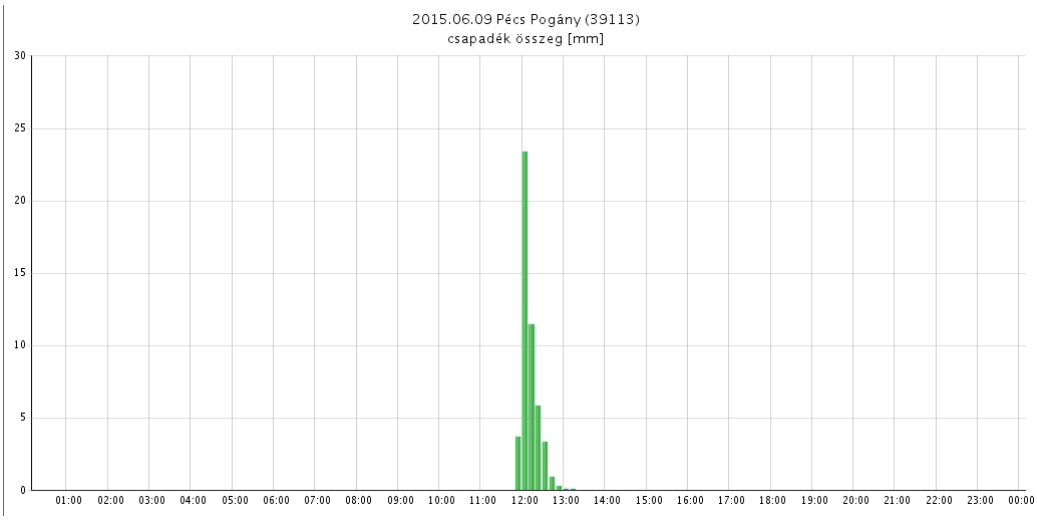
Magyarországon az 1990-es évek elején Váradi Ferenc és Nemes Csaba vizsgálták a rövid időtartamú csapadékösszegeket. *(Váradi és Nemes, 1992)* Az ő kutatásuk az 1967–1990-es időszakra terjedt ki. A tervezési (vagy méretezési) csapadék témakörében Gayer József és Ligetvári Ferenc Települési vízgazdálkodás csapadékvíz-elhelyezés című átfogó munkája sok értékes információval szolgál (Gayer és Ligetvári, 2006) a témában. Baja állomás 10 perces, küszöb fölötti csapadék adataihoz illesztett Pareto eloszlást Lakatos és Matyasovszky (Lakatos és Matyasovszky, 2004).

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



3. ábra. Az órás csapadékösszegek éves maximumai Pécs Pogány állomáson

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 özönvízszerű esőzést okozott az ország számos pontján. Egy óra alatt mintegy 48,4 mm csapadék hullott Pécsett, ami a június havi összeg több mint felét teszi ki. Az automata mérések kezdete óta nem fordult elő ennél nagyobb érték.



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

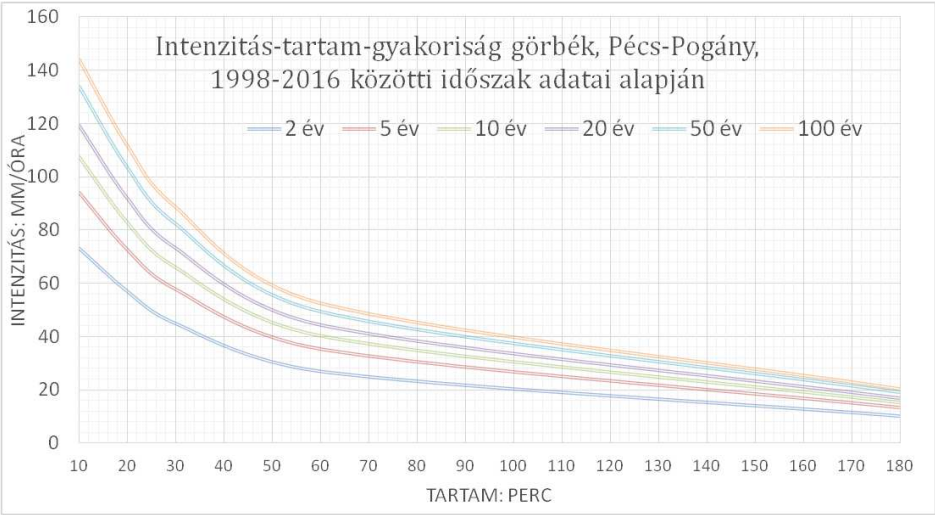
A 4. *ábrán* szemléltetjük az esemény során lehullott 10 perces részösszegeket Pécs Pogány automata mérőállomás adatai alapján. Az esemény kezdetén, az első 20 percben ömlött az eső a legintenzívebben, az első tíz perces részösszeg (11:40 és 11:50 között) 3,7 mm-nek adódott, a második tízperces részösszeg pedig kiugróan magas: 23,3 mm volt, amely rekordnak számít az automata mérések kezdete óta Pécs Pogány állomáson. Az órás összeg 48,4 mm-nek adódott, ami a teljes június havi összeg több mint felét teszi ki. A csapadéktevékenység 13 óra után csillapodott. Az esemény során összesen 55,4 mm csapadék hullott.

A *III. 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. Érdekesség, 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.

III. táblázat. Pécs Pogány állomás órás csapadékösszegeinek visszatérési értékei (mm); a becslés a GEV (General Extreme Value) szélsőérték eloszlás függvény paramétereinek maximum-likelihood közelítésén alapul

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

Az intenzitás-tartam-gyakoriság (IDF: Intensity-Duration-Frequency) görbék megadják, hogy mekkora a valószínűsége egy adott ideig tartó, adott intenzitású csapadékhullásnak. Az IDF görbék szerkesztésének egy módja a különböző tartamú csapadékok szélsőérték eloszlás függvényének a becslésén alapul. Erre példa a Pécs Pogány állomásra vonatkozó görbesorozat (*5. ábra*). Az itt bemutatott görbék számítása GEV eloszlás feltételezésével, 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. IDF görbék Pécs Pogány állomásra az 1998–2016 időszak automata mérései alapján

Összefoglalás

Az OMSZ éghajlati adatbázisa alapján készült, ellenőrzött, homogenizált adatokon végzett tendencia elemzések 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 indokokolt a jelenleg zajló éghajlati változások miatt.

Irodalom

1. IPCC SREX, 2011: Special Report of IPCC on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, Summary for Policymakers.
2. Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C.,. Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A.M.G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D.B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M., and Vazquez-Aguirre, J.L.,2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. J. Geophys. Res. 111, D05109.
3. Donat, M.G., Alexander, L.V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R.J.H., Willett, K.M., Aguilar, E., Brunet, M., Caesar, J., Hewitson, B., Jack, C., Klein Tank, A.M.G., Kruger, A.C., Marengo, J., Peterson, T.C., Renom, M., Oria Rojas, C., Rusticucci, M., Salinger, J., Elrayah, A.S., Sekele, S.S., Srivastava, A.K., Trewin, B., Villarroel, C., Vincent, L.A., Zhai, P., Zhang, X. and Kitching, S.,2013: Updated analysis of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. J. Geophys. Res. 118, 2098–2118.
4. Gayer J., Ligetvári F., 2006: Települési vízgazdálkodás csapadékvíz elhelyezés, VITUKI, Budapest, 76-90.
5. Klein Tank, A.M.G. and Konnen, G.P., 2003. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. J. Climate. 16, 3665–3680.
6. Lakatos, M., Matyasovszky, I., 2004: „Analysis of the extremity of precipitation intensity using the POT method" Időjárás, Vol.108. No. 3., 163-171
7. Szentimrey, T., 2011: Manual of homogenization software MASHv3.03, Hungarian Meteorological Service, pp. 64.
8. Szentimrey, T. and 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.
9. Váradi F., Nemes Cs., 1992: Rövid időtartamú csapadékmaximumok gyakorisága Magyarországon, Légkör XXXVII. évfolyam 3. szám, 8-13.

2. Ilyés Csaba – Turai Endre – Szűcs Péter: Csapadékösszegek és talajvízszint idősorok spektrális elemzése

Absztrakt

A kutatásunk célja, hogy a sztochasztikusnak tekintett csapadék- illetve talajvizes idősorokban determinisztikus periodikus komponenseket találjunk.

A folyamatosan változó klímánkban, valamint az ehhez szükséges adaptációhoz ismernünk kell, hogy ezekben az idősorokban milyen ciklusok mutathatóak ki, így a változékonyságot és az ebből fakadó bizonytalanságot csökkenteni tudjuk.

Tanulmányunkban diszkrét Fourier-transzformáción alapuló spektrális elemzéssel több meteorológiai állomásról származó hosszú idejű hidrometeorológiai idősorokat elemeztünk. Ugyanezen területekről származó talajvíz-figyelő kutak idősorában is felkutattuk a periódusokat, illetve a kettő közötti összefüggések, különbségek kerültek kimutatásra.

Kulcsszavak: Spektrális elemzés, csapadék, ciklusok, Fourier-transzformáció

Abstract

Extreme climatic conditions and precipitation distributions play a major role in a city's life, and intense rainfall that may fall in a short time period can cause flash floods. These floods and rainfall events can be linked to a changing hydrological cycle on the basis of several researches, so the precise knowledge of the cycle is being more important in understanding it. With the applied spectral analysis, the change in character within the cycle can be followed.

The aim of our research is to find deterministic periodic components in the precipitation and groundwater time series, which are considered stochastic.

In our constantly changing climate and the necessary adaptation to it, we need to know what cycles can be detected in these time series, so we can reduce variability and the resulting uncertainty.

In our study we analyzed long-term hydro-meteorological time series from several meteorological stations using spectral analysis based on discrete Fourier transformation. Then we searched for the time periods of the data form groundwater monitoring wells from the same areas, and the differences between the two were detected.

Keywords: Spectral analysis, precipitation, cycles, Fourier-transformation

Bevezetés

Szélsőséges időjárási viszonyok és csapadékeloszlások komoly szerepet játszanak egy város életében, a rövid időn belül lehulló intenzív csapadékok villámárvizeket is okozhatnak. Ezen árvizek és csapadékesemények több kutatás alapján is a változó hidrológiai ciklushoz köthetőek, aminek megértésében fontos szerepet játszik maga a ciklus pontos ismerete. Az alkalmazott spektrális elemzéssel nyomom 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 klímaváltozás, és a hozzá való alkalmazkodásnak feltétele, hogy ismerjük a változás mértékét. Matematikai módszerekkel a sztochasztikusnak tekinthető csapadék-idősorokban determinisztikus komponensek kutathatóak, amivel a változékonyság hatását tudjuk csökkenteni a vizsgált paraméter esetén.

Kutatásunkban diszkrét Fourier-transzformáción alapuló spektrális elemzéssel vizsgáltunk hosszú idejű csapadék-idősorokat, illetve talajvíz-figyelő kutak vízállás idősorait, az azokban kimutatható ciklikus paraméterek felkutatása céljából.

Módszerek és adatok

A számításokhoz a diszkrét-Fourier transzformáción alapuló spektrális elemzés módszereét választottuk, ahol a mérési eredmények (regisztrátumok) spektrális képét (spektrumát) az alábbi formulákkal kapjuk meg (Bath, 1974; Bracewell, 1978; Meskó, 1984):

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

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:

$$Y(T) = Re[Y(T)] + j\, Im[Y(T)], \qquad (2)$$

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

ahol: Re[Y(T)] – a valós spektrum, a komplex spektrum valós része, Im[Y(T)] – a képzetes spektrum, a komplex spektrum képzetes része, A(T) – az amplitúdó spektrum, a komplex spektrum amplitúdója, Φ(T) – a fázis spektrum, a komplex spektrum fázisa.

Az elemzéshez nélkülözhetetlen amplitúdó és a fázis spektrumokat a valós és a képzetes spektrumok ismeretében határozhatjuk meg:

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

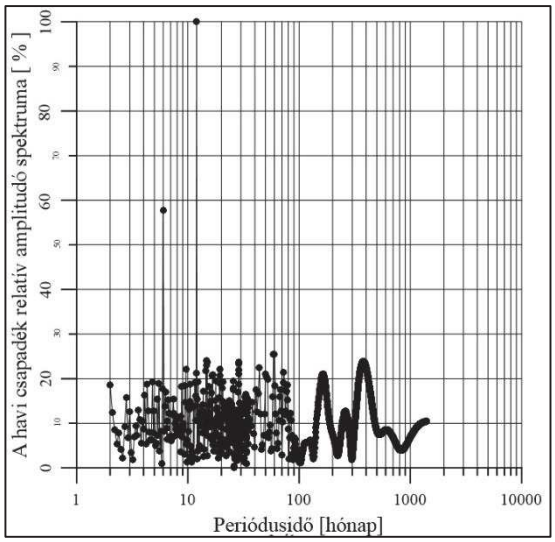
$$\Phi(T) = arctg\,\frac{Im[Y(T)]}{Re[Y(T)]} \tag{5}$$

A vizsgálathoz használt adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat Online (OMSZ, 2015) adatbázisából és az illetékes Vízügyi Igazgatóságtól szereztük be. A csapadékadatok 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 felölelő adatsort. Kutatásunkban az elemzés során nyert első információkat részletezzük.

Eredmények

A vizsgálatokkor a lehető legrövidebb 1 hónapos mintavételi közt vettük alapul, így a Nyquist-periódusidő 2 hónap. A változó hosszúságú idősorokból az alábbi eredmények írhatóak le.

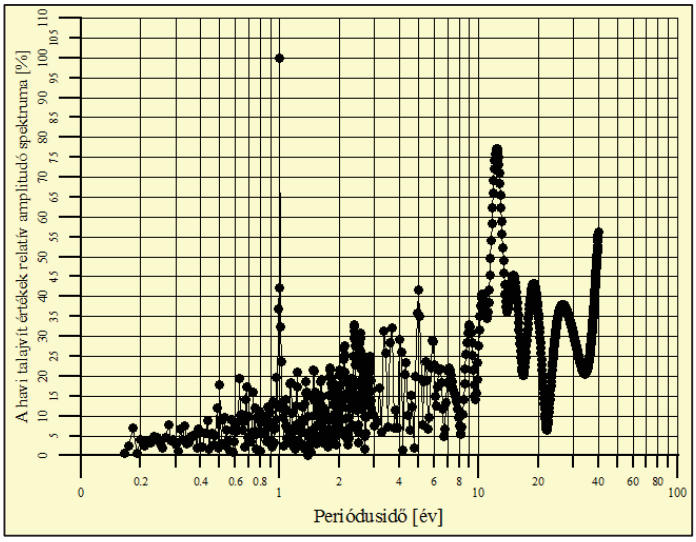
Debrecen városának meteorológiai állomásáról 110 év hosszúságban álltak rendelkezésre csapadék-idősorok, így 1320 hónapnyi minta állt rendelkezésre. Az eredmények az 1. ábrán láthatóak.



1. ábra: Debrecen havi csapadékadataiból számolt amplitúdó spektrum

A vizsgált 110 éves időszakban az egy illetve a féléves ciklus került kimutatásra legdominánsabban, utána következett az amplitúdó sorrendjében a 4,92 éves, az 1,23 éves, a

31,5 éves ciklusok. Dominánsak közé tartozott még a 13,61 éves és a 2,39 éves (Ilyés et al., 2016).

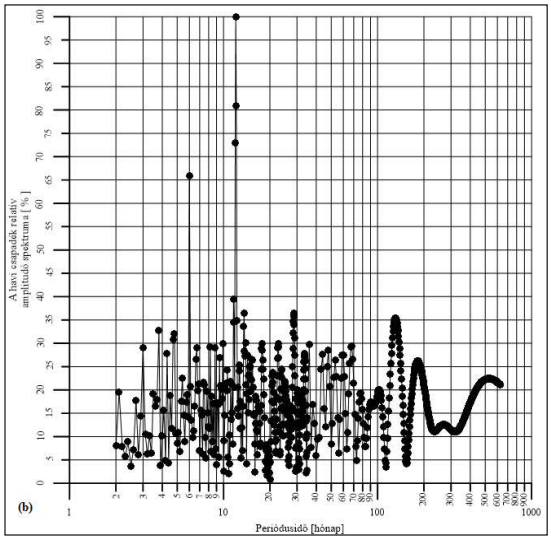


2. ábra: Debrecen talajvizes idősorának spektruma

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

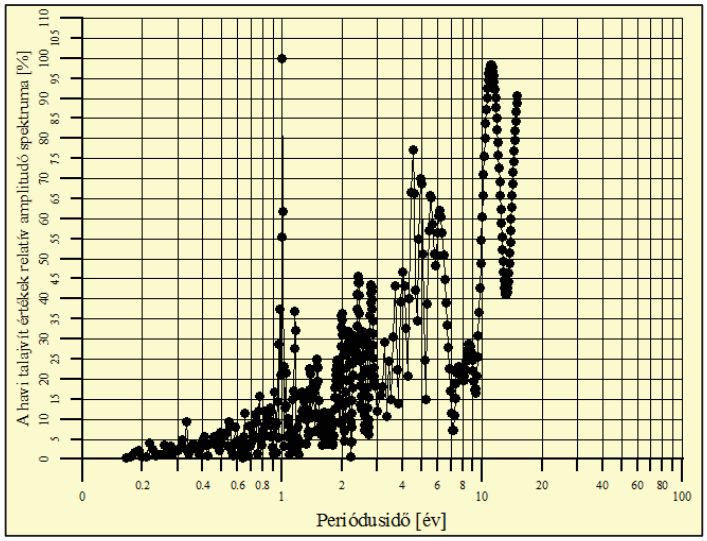
A két mérőhely közötti kapcsolatot egyértelműen mutatja az 1 éves ciklus domináns jelenléte, amelyet követ a szintén hasonlóságot jelző 12-13 év körüli periódus. A csapadékokban tapasztalt 5 éves ciklus a talajvizes észlelésekben is megtalálható, azonban a relatív amplitúdója itt erősebb, ami az éves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

A Debrecenihez földrajzilag is közel álló Nyírség adatbázisából a Nyírbogát és Nagyecsed meteorológiai állomások átlagos idősorával, 629 regisztrátumon végzett vizsgálatot hasonlítottuk össze a Nyírcsászári területén mért talajvíz-idősorral.



3. ábra: Nyírbogát és Nagyecsed csapadék-idősorából képzett átlag spektruma

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

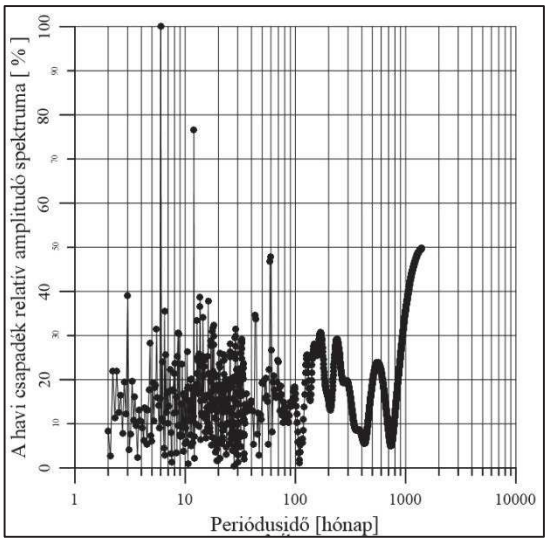


4. ábra: Nyírcsászári havi talajvízállás adatainak spektruma

A 4. ábrán látható (001624-Nyírcsászári talajvíz-figyelő kút), hogy 709 mérési adat alapján a spektrumkép a Debreceni talajvizes kút adataihoz hasonló, domináns egy éves ciklust követ a 11,18 év hosszúságú, majd a 4,5 éves. Az öt 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.

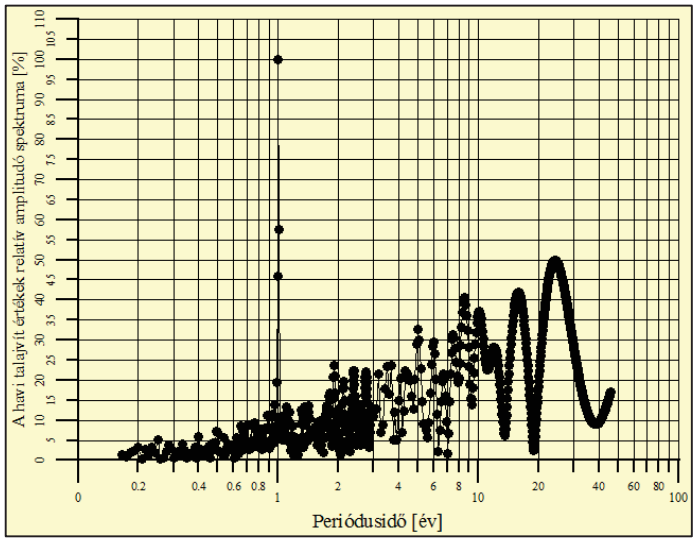
Összehasonlítva a terület átlagos csapadékösszegeiből számolt értékekkel, ebben az esetben is elmondható, az éves ciklus dominanciája nem olyan mértékű, mint a csapadék esetében, a közel 12 éves periódus 98%-os relatív amplitúdóval követi, ami megtalálható a csapadék idősorokban is (10,9 év), hasonlóan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

A harmadik mintaterület, a Duna-Tisza-köze, a kocséri (002186-Kocsér) figyelőkúttal került az elemzésbe, 885 regisztrált minta alapján, bár a területről csapadék-adatsor nem áll rendelkezésre, így a hozzá legközelebbi fellelhető Budapesti mérőhely (5. ábra) adataival hasonlítottuk össze.



5. ábra: Budapest havi csapadékösszegeinek spektruma

Látható, hogy Budapest esetében a féléves ciklus a legdominánsabb, a csapadékösszegek vizsgálatában, amit az egy éves illetve az öt 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.



6. ábra: Kocsér talajvíz adatsorának spektruma

A 6. ábrán látható, hogy Kocsér talajvizes idősora sok tekintetben különbözik a másik két vizsgált területtől, a hasonlóságot a domináns egy éves ciklus mutatja, amit 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; 8,5 illetve a 10,08 évesek.

Míg a másik két vizsgált területen a talajvizes idősorokban 25 illetve 27 ciklust azonosítottunk, itt jóval kevesebb, mindössze 18 került kimutatásra, ami szintén a terület sajátossága.

Összefoglalás

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

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a Miskolc Egyetemen Műszaki Földtudományi Karának 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 valósul meg.

Irodalomjegyzék

1. Bath, M. (1974). Spectral Analysis in Geophysics, Elsevier Scien. Publ. Co., Amsterdam – Oxford – New York
2. Bracewell, R. N. (1978). The Fourier-Transformation and its Applications, McGraw – Hill – Book Co., Oxford
3. Ilyés Csaba – Turai Endre – Szűcs Péter (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, pp. 2-10.
4. Ilyés Csaba – Turai Endre – Szűcs Péter (2016). 110 éves hosszúságú hidrometeorológiai adatsorok ciklikus paramétereinek vizsgálata, Hidrológiai Közlöny, 96. évf., 1. szám, pp. 61-70.
5. Meskó, A. (1984). Digital Filtering, Akadémiai Kiadó, Budapest.
6. Országos Meteorológiai Szolgálat Online adatbázisa (2015). http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/ (letöltve: 2015. július 30)

3. Domján Anita, Nagy Gábor, Dr. Ronczyk Levente, Dr. Czigány Szabolcs: Reakció idő számítása hidrológiai mérőhálózat alapján Pécsett

Reaction time calculation in Pécs with a hydromonitoring system

Absztrakt

A klímaváltozás hatására az extrém csapadékesemények száma nő, amelynek következményeként a városi árvizek egyre gyakoribbakká válhatnak. Kutatócsoportunk Pécs város területén, egy hidrometeorológiai monitoringhálózat segítségével vizsgálta a csapadékintenzitás kezdete, valamint maximuma, és a hidrológiai válaszreakció közötti összefüggés idejét, abból a célból, hogy a csapadékintenzitás ismeretében becsülhető legyen az árhullám tetőzésének időpontja. Eredményeink alapján a csapadékintenzitás és a reakcióidő közötti fordított összefüggés a távolság növekedésével csökken.

Kulcsszavak: reakcióidő számítás, összegyülekezési idő, városi vízfolyások, hidrometeorológiai monitoring hálózat, Pécs

Abstract

Climate change is presumably going to increase the number of extreme rainfall events, therefore decreasing the return periods of devastating urban floods. By using the data obtained by a hydrometeorological monitoring in the city of Pécs (SW Hungary) in 2014, we studied the correlation between rainfall intensity and the timing of flood peaks (delay of the hydrologic response) for selected rain gage-stream gage pairs. According to our findings, with increasing distances between the rain gages and stream gages, correlation between rainfall intensities and the times of concentration decreases, therefore diminishing the intensity-based forecast accuracy.

Key words: response time, time of concentration, urban hydrology, hydrometeorological monitoring, Pécs

Bevezetés

A klímaváltozás hatásának nagyságát nehéz prognosztizálni a Kárpát-medence egész területére (KRISTÓF et al. 2017), abban viszont egyetértenek a kutatók, hogy várhatóan megnövekszik az intenzív csapadék események száma (BARTHOLY - PONGRÁCZ 2007, CHEVAL et al. 2016), az extrém csapadékesemények visszatérési ideje 1,2-2-szeres szorzóval nő (PIECKA et al. 2011, PONGRÁCZ et al. 2014), míg a csapadék mennyisége az elmúlt száz 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 et al. 2009), múltbeli időjárási események árhullámai szignifikáns különbséget mutatnak a jelen állapot alapján modellezettekkel, 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).

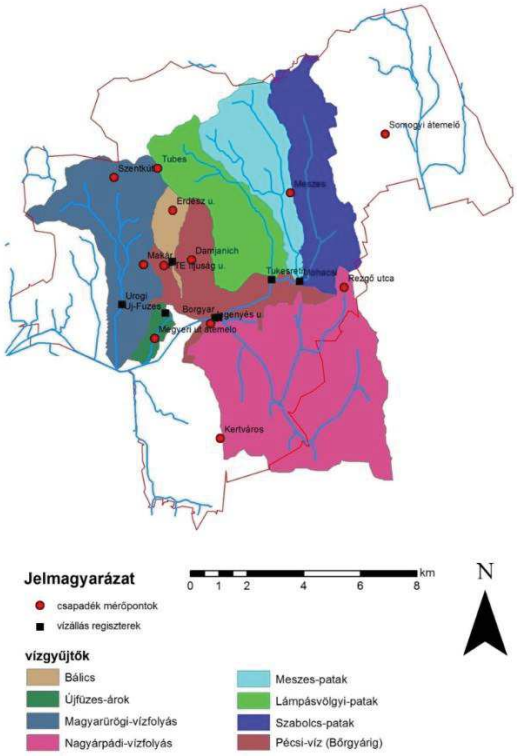
A csapadéktöbblet, amely nem tározódik, tulajdonképpen közvetlen felszíni vagy felszín alatti lefolyásra kerül, mely vagy a vízfolyásokon, vagy városi területek esetében a csatornahálózaton (csapadékcsatorna) távozik a vízgyűjtő területéről. A problémát fokozza, hogy a városi csapadékelvezető rendszerek számos esetben nem követik a természetes vízgyűjtőket, (RONCZYK - CZIGÁNY 2014; RONCZYK et al., 2015). Az árhullámok levonulásának becslése megkívánja a hidrológiai ciklus részfolyamatainak ismeretét, a terület vízmérlegét és hidraulikai folyamatainak ismeretét, illetve elsősorban azt, 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), amely 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 közvetve az idő mérésével, mérnöki becsléssel, mely utóbbi empirikus egyenletek, illetve hidrológiai modellek alkalmazását jelenti (GRIMALDI et al. 2012). Almeida és munkatársai (2014) klaszteranalízissel vizsgálták az összegyülekezési időszámítási módokat, s azt tapasztalták, hogy az egyes becslési módok között akár 94,98% relatív eltérés is mutatkozhat. Az összegyülekezési idő időtartama úgy becsülhető, hogy a lefolyási pályákat olyan részegységekre osztjuk, amelyek magukba foglalják a felszínen történő időszakos vagy állandó folyáspályákat (US Army Corps of Engineers [USACE], 2001; ARONICA - CANDELA, 2007). Az összegyülekezési idő vízgyűjtő specifikus érték, amely számos környezeti paramétertől függ. Ilyen paraméterek a vízgyűjtő formája, az átlagos lejtőszöge, a folyáspálya hossza, a csapadékintenzitás (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 felszínek aránya lehet a legfontosabb tényező (RONCZYK - WILHELM, 2006). Számos kutató felételezett függvényszerű összefüggést a csapadékintenzitás 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 vízállás adatok alapján.



7. ábra: A monitoring hálózat elhelyezkedése Pécsett
(fekete négyzet: vízállás szenzorok, piros pontok: csapadékmérési helyszínek

Eszközök és módszerek

A pécsi hidrometeorológiai monitoring hálózat 2010-ben került üzembe helyezésre a BIOKOM Kft-vel, Tettye Forrásház Zrt-vel és a DDVIZIG-gel együttműködésben, jelenleg a város 19 pontján méri a csapadék, talajnedvesség és vízállás paramétereket. A 10 km^2/állomás térbeli lefedettségű monitoringrendszer segítségével nyomonkövethető egy-egy csapadékesemény térbeli kiterjedése, az esemény hidrológiai hatásai, illetve a csapadék és lefolyás adatok a

vízgyűjtő szintű vízháztartás modellezést is lehetővé teszik. A vízállás mérését Dataqua DA-S-LTRC 130 típusú digitális folyadékszint- és hőmérsékletregisztráló műszerrel végeztük a város területén a 2014. évben. A Bálicsi-patakon, a Mohácsi úton (Meszes-patak) és a Páfrány utcánál (Ürögi-patak) kihelyezett mérőállomásokon 10 percenként regisztráltuk a vízállás adatokat, a Pécsi-víz Bőrgyár és 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 u.) Lambrecht gyártmányú (Lambrecht GmbH., Göttingen, Németország) billenőedényes csapadékmérővel történt. A térfogati talajnedvességet Decagon 5TM (kombinált talajhőmérséklet és talajnedvesség) Time Domain Reflectrometer rendszerű szenzorokkal mértük. Számításaink során a monitoring hálózat mérőállomásai által regisztrált adatokat használtuk nyolc csapadékmérő-vízmérce párosítással (*1. ábra*). 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 csapadék esemény 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 nyolc csapadékszenzor – vízmérce pár kiválasztásakor (*1. táblázat és 1. ábra)*.

1. táblázat: A vizsgált csapadékszenzor–vízállásmérce párok és a vizsgált események száma

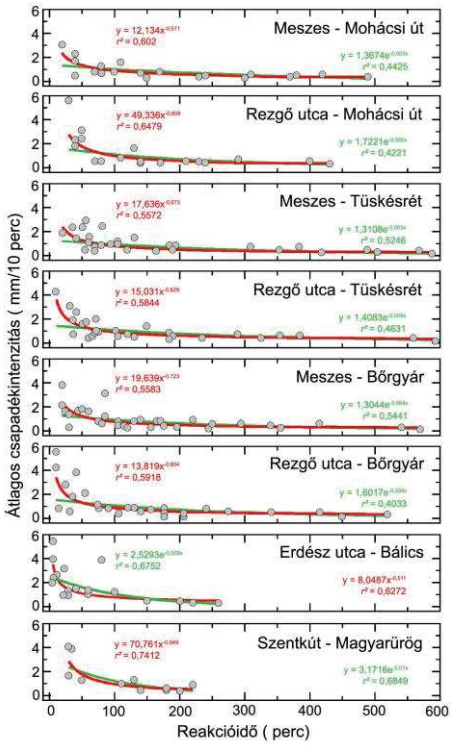
Csapadékszenzor	Típusa	Vízmérce helye	Vizsgált események száma (db)	Párosítás kódja
Meszes	Boreas	Mohácsi út	21	M1
Meszes	Boreas	Tüskésrét	29	T1
Meszes	Boreas	Bőrgyár	34	B1
Rezgő utca	Boreas	Mohácsi út	19	M2
Rezgő utca	Boreas	Tüskésrét	28	T2
Rezgő utca	Boreas	Bőrgyár	29	B2
Szentkút	Boreas	Ürögi (Páfrány u.)	11	Ü1
Erdész utca	Decagon	Bálics	18	Bá1

Az események vizsgálata 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} meghatározása ugyanazon az időszakokra végeztük.

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}) vizsgálatakor 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 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 hatvány összefüggést 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.



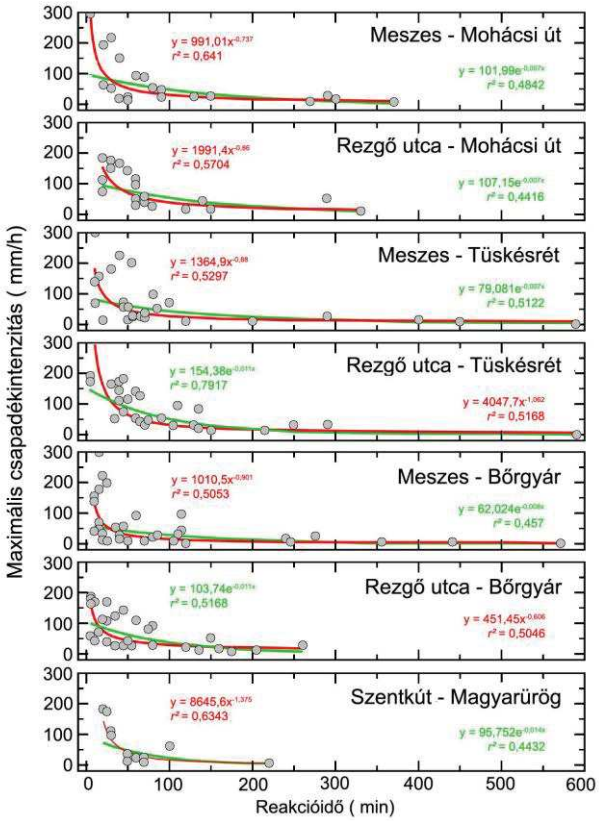
8. ábra Az átlagos intenzitás és a reakcióidők közötti összefüggések függvényei a nyolc vizsgált csapadákszenzor-vízmérce pár esetében

A Tüskésréti 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 hatvány összefüggést 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 Bőrgyár melletti szenzor adatait is a meszesi (B1), illetve a Rezgő utcai (B2) csapadékmérő adataival hasonlítottuk össze, ismételten 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 hatvány összefüggést 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. Tizennyolc 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, melyhez mindössze 5 perces reakcióidő társult. Az átlagos intenzitás és a reakcióidő között szoros összefüggés figyelhető meg, ebben az esetben a korreláció erősnek mondható, r^2 = 0,6752. Az adatokra illesztett trendvonal egyenlete exponenciális összefüggést mutatott. Az Ürögi-patakon (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, mely mindössze 30 perccel a csapadékesemény kezdetét követően a vízállás tetőzését okozta. Az átlagos intenzitás és a reakcióidő között kifejezetten szoros, hatvány összefüggést 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 hatvány összefüggést 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: Maximális csapadékintezitás és a reakcióidők közötti összefüggések függvényei a hét vizsgált csapadákszenzor-vízmérce pár esetében

A tüskésréti vízmérce esetében a t_{pm} idők a t_{pi} időkkel 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 t_{pi} esetében 28,6% volt). Kivétel nélkül elmondható volt, hogy a 80 mm/h maximális intenzitást meghaladó események 135 percen belül a vízállást tetőzését okozták. A bőrgyárnál 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%-ban a maximális intenzitást

követően 60 percen belül megjelent az árhullám (ez az arány a t_{pi} esetében 27,6% volt). Az Ürögi-patakon (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 t_{pi} esetében 45,5% volt). Az illesztett trendvonal alapján az adatok közötti korreláció szoros, de gyengébb a t_{pi} korrelációhoz képest, ez esetben r^2 = 0,6343 (t_{pi} esetén r^2 = 0,7412). A t_{pi} -hez hasonlóan ismét hatvány összefüggés 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, azaz a definíció szerint, kiöntés esetén, ezek az események villámárvizeknek minősülnének. Mind a t_{pm}, mind a t_{pi} 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 (pl. Tettye, Belváros), így a megfigyelt árhullám tetőzése feltételezhetően nem csak egy csapadékszenzorhoz köthető. Véleményünk szerint, a reakcióidők számítása során egy azon 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” nem csak 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 (pl: 2014. augusztus 3.). A feldolgozott események során az esetek túlnyomó részében a talajnedvesség nem játszott jelentős szerepet az árhullámok megjelenésében, mely eredmény ellentmond pl.

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.

Irodalom

1. ALMEIDA, A. K.- ANACHE; J. A. A.- STEFFEN, J.L.- SOBRINCHO, T A (2014): Estimation on Time of Concentration of overland flow in watersheds: A review UNESP, Geociências v. 33, n. 4, p.661-671
2. 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*, 347, 132–142.
3. 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* 57: 83–95 p.
4. CASTILLO, V. M.- GÓMEZ-PLAZA, 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*, 284, 114–130.
5. CHEVAL, S. - DUMITRESCU, A. M.- BIRSAN, V. 2016. Variability of the aridity in the South-Eastern Europe over 1961–2050. *Catena* 151: 74–86.
6. CHEN Y,- XU Y,-YIN Y.,2009, Impacts of land use change scenarios on storm-runoff generation in Xitiaoxi basin, China, Quaternary International 208 (2009) 121–128 p.
7. CZIGÁNY, SZ.- PIRKHOFFER, E.- BALASSA, B.- BUGYA, T.- BÖTKÖS, T.- GYENIZSE, P.,- GERESDI, I. (2010). Villámárvíz, mint természeti veszélyforrás a Dél-Dunántúlon. *Földrajzi Közlemények*, 134(3), 281–298. (in Hungarian)
8. DU, J.- QIAN L.- RUI, H.-ZUO, T.- ZHENG D.- XU, Y- XU C.-Y.,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 464–465 (2012) 127–139p.

9. GAUME, E.- BAIN,V.- BERNARDARA, P.- NEWINGER, O.- BARBUC, M.- BATEMAN, A.- VIGLIONE, A. (2009). A compilation of data on European flash floods. *Journal of Hydrology*, 367, 70–78.pp.
10. 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*, 4(2), 75–81.pp
11. GRIMALDI, S.- PETROSELLI, A.- TAURO, F. - PORFIRI, M. (2012). Time of concentration. a paradox in modern hydrology. *Hydrological Sciences Journal*, 57(2), 217–226.pp
12. HEGEDÜS, P.- CZIGÁNY, SZ.-BALATONYI, L. - PIRKHOFFER, E. (2013). Analysis of Soil Boundary Conditions of Flash Floods in a Small Basin in SW Hungary. *Central European Journal of Geosciences*, 5(1), 97–111.
13. HEGEDÜS, P.-CZIGÁNY, SZ., PIRKHOFFER, E.-BALATONYI, L. - HICKEY, R. (2015). Analysis of spatial variability of near-surface soil moisture to increase rainfall-runoff modelling accuracy in SW Hungary. *Open Geosciences*, 7, 126–139.
14. KLUG, H. - OANA, L. (2015). A multi-purpose weather forecast model for the Mondsee Catchment. *Journal for Applied Geoinformatics*, 1, 602–611.
15. 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 előadás kivonatok. Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2017.08.16-2017.08.20. Budapest: Magyarhoni Földtani Társulat, 2017. pp. 75-76. (in Hungarian)
16. McCuen, R. H. (2009). Uncertainty analyses of watershed time parameters. *Journal of Hydrologic Engineering*, 14 (5). 490-198.pp
17. 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* 46: 1-2. 6-17.
18. PONGRÁCZ R. - BARTHOLY J. - KIS A. 2014. Estimation of future precipitation conditions for Hungary with special focus on dry periods - *Időjárás* 118: 4. 305-321.
19. PIRKHOFFER, E.- CZIGÁNY, SZ.- HEGEDÜS, P.- BALATONYI, L.- LÓCZY, D. (2013). Lefolyási viszonyok talajszempontú analízise ultra-kisméretű vízgyűjtőkön. *Tájökológiai Lapok*, 11(1), 105–123. (in Hungarian: Soil-side analysis of surface runoff in ultra-small watersheds).
20. RONCZYK, L.- WILHELM, Z. (2006). Beneficial use of the stormwater in Pécs. *Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung*, 40, 135–144.

21. RONCZYK, L.- CZIGÁNY, SZ. (2014). *Pécsi hidrológiai tájékoztató 2014*, Pécs: Pécsi Tudományegyetem, Földrajzi Intézet (in Hungarian). The Pécs Hydrological Bulletin.
22. RONCZYK, L.- CZIGÁNY, SZ., HORVÁTH, M., LÓCZY, D. (2015). Urban stormwater runoff and pressure on the sewerage system in Pécs, Southwest-Hungary. *CSE Journal - City, Safety, Energy*, 1, 32–43.
23. SARANGI, A.- MADRAMOOTOO, C. A.- ENRIGHT, P., - PRASHER, S. O. (2007). Evaluation of three unit hydrograph models to predict the surface runoff from a Canadian watershed. *Water Resources Management*, 21, 1127–1143.
24. RONCZYK, L.- CZIGÁNY, SZ.- HORVÁTH, M.- LÓCZY, D. (2015). Urban stormwater runoff and pressure on the sewerage system in Pécs, Southwest-Hungary. *CSE Journal - City, Safety, Energy*, 1, 32–43.
25. SZLÁVIK, L. - SZIEBERT, J. (2006). *Hidrológia és Meteorológia*. *Főiskolai Jegyzet*. Baja: Eötvös József Főiskola (Hydrology and Meteorology lecture notes, in Hungarian)
26. USACE (US Army Corps of Engineers). (2001). *HEC-HMS hydrologic modeling system, user's manual, version 2.2.1.* Vicksburg, MS

4. Ilyés Csaba – Lénárt László – Szűcs Péter – Horányiné Csiszár Gabriella – Üszögh Lajos: Miskolc villámárvizeinek elemzése a Bükki források és a városi szennyvízelvezető rendszer hozamadatai alapján

Absztrakt

A tanulmányunk célja, hogy egy árvizes, nagy csapadékösszegekkel bíró év adatait összehasonlítsuk csapadékszegényebb évek adataival, hogy a város szennyvíz-elvezető rendszerének teherbírását elemezzük.

Kutatásunkban azt vizsgáltuk, hogy a Miskolcon bekövetkezett 2006-os, 2010-es karsztárvizek, illetve a 2013-as árvízközeli helyzet milyen hatással volt a város csapadék illetve szennyvíz-elvezető rendszerére.

A tanulmányban bemutatjuk, hogy a fent említett években a Bükk-hegységben lehulló nagy mennyiségű csapadék mekkora többletet jelentett a városi szennyvíztisztítóra beérkező víz mennyiségében, ezáltal meghatározható, hogy a lehulló csapadék mekkora része került a városi vízelvezető rendszerbe.

Kulcsszavak: Bükk, csapadék, árvíz, karsztárvíz, városi hidrogeológia, szennyvíz

Abstract

The purpose of our study is to compare the data of a year with floods with high precipitation and the data of the poorest years to analyze the capacity of the wastewater drainage system in the city.

In our research, we investigated how the impact of the city's precipitation and wastewater drainage system on the city's 2006, 2010 karst water and the near flood-state situation in 2013 had been investigated.

The study shows that the amount of precipitation in the Bükk Mountains in the above mentioned years represented a surplus in the amount of water entering the urban wastewater treatment plant to determine how much of the fall precipitation was included in the urban drainage system.

Keywords: Bükk-Mountains, precipitation, flood, karst flood, urban hydrogeology, waste water

Bevezetés

Miskolc városa a Bükk keleti végében, nagy részben a Szinva patak völgyében fekszik. Főleg a hegységhez közelebbi területek ki vannak téve a Bükkben történő meteorológiai

eseményeknek, így az ott megjelenő többlet csapadék hatása a városra szinte azonnali. A város történetében nagy számú árvíz vonult már át a városon, leghíresebb az 1878. augusztus 30-31-én bekövetkezett, amikor a város nagy részében 4-6 méter magasan állt a víz. Számos kisebb árvíz is feljegyzésre került a város történetében. A modern időkben a várost meghatározó árvizek a 2006-os illetve a 2010-es árvíz, mely szintén problémákat okozott Miskolc nagy részében, több patak is kilépett a medréből, és a város ivóvízellátását biztosító források is elfertőződtek a nagy csapadék hatására történő bemosódások által (Hernádi et al, 2014).

Mi a tanulmányunkban azt vizsgáljuk, hogy a többlet csapadékból származó vízmennyiség mekkora terhet jelentett a vízelvezető és szennyvíz kezelő rendszerre, matematikai leíró módszerek alkalmazásával.

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

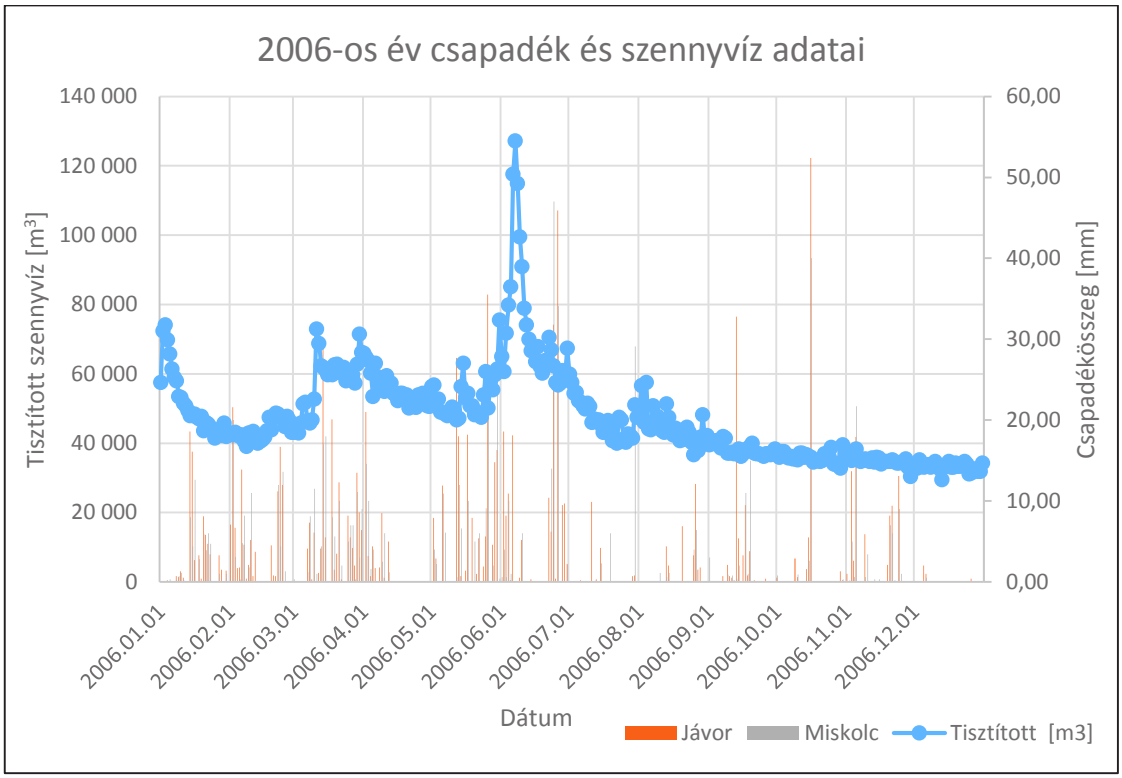
Eredmények

2006

A 2006-os évben korábban nem tapasztalt áradás volt tapasztalható Miskolcon, ami több problémára is felhívta a város figyelmét. A nagy mennyiségű tavaszi csapadékhullás és a télvégi hóolvadás olyan mértékben megnövelte a karsztos kőzetekben tárolt víz mennyiségét, ami számos forrás esetében nagy mértékű 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 kezeletlen víz mennyiségét.



9. ábra: A 2006-os év csapadék és tisztított szennyvíz adatai

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 szennyvíz-tisztító 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 árvizet okozott (Lénárt et al, 2012). A vizsgált időszakban az átlagos 50.000 m^3 tisztított szennyvíz hagyta el az üzemet naponta, ami ezen csapadékosság hatására egy hét alatt elérte a 127.000 m^3-es maximumot, június 6 és június 10 között tartósan 90.000 m^3 feletti napi vízmennyiséget okozva. Az átlaghoz közeli 55.000-as érték csupán 26-ára állt helyre, egy lassú csökkenési tendencia után.

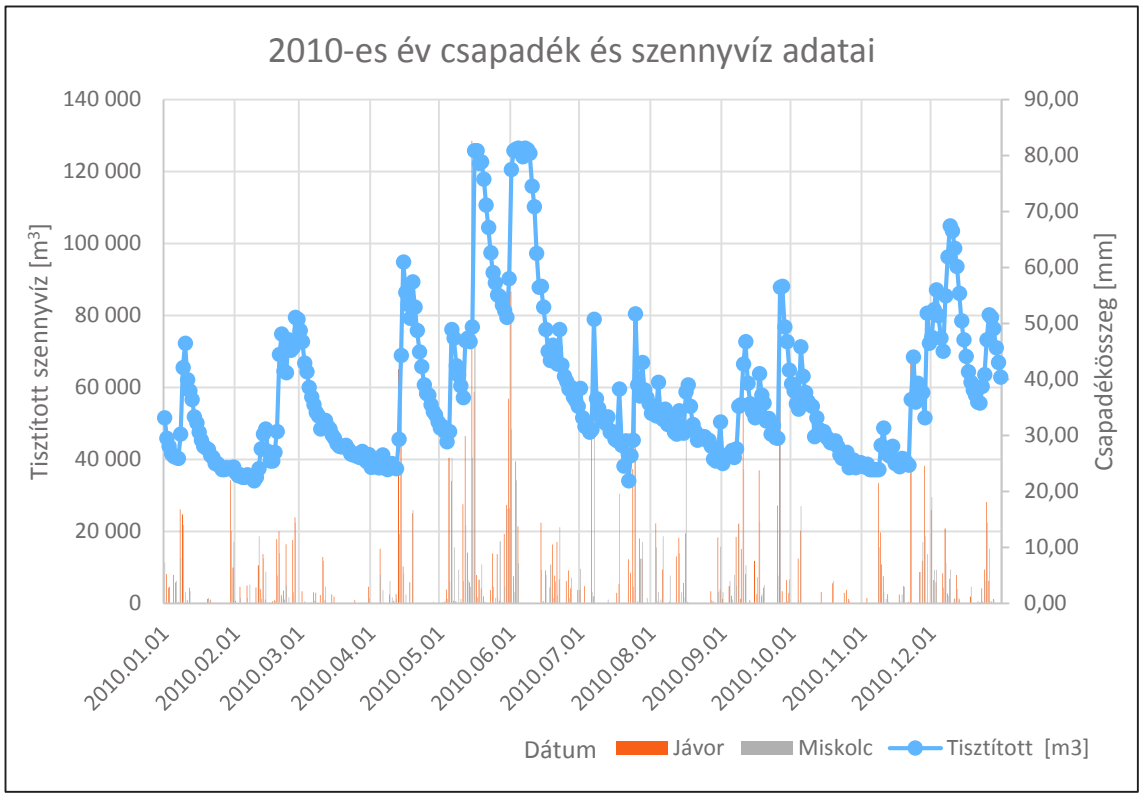
Habár a két adatsor között a korrelációs együttható értéke csupán 0,14 Jávorkút és 0,12 Miskolc esetében, az ábrán egyértelműen látható, hogy nyár közepén egy 120.000 m^3-t meghaladó mennyiségű kezelt szennyvíz került ki a tisztítóból, miközben az év nagy részében ez az érték a 80.000 m^3-es határ alatt maradt, átlagosan 47.479,2 (~47.500) m^3 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 m^3 szennyvizet az ez idő alatt Jávorkúton lehulló 138,5 illetve

Miskolcon lehulló 81,6 mm csapadék okozta, összességében az átlagos hozamnál 530.000 m^3-el több tisztított víztöbbletet hozva.

2010

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



10. ábra: A 2010-es év csapadék és tisztított szennyvíz adatai

Látható, hogy sok kis maximum mellett, nehezen kivehető az árhullám okozta hozamnövekedés, azonban május-június hónapokban 120.000 m^3-t meghaladó szennyvíz jutott ki a fogadóba a tisztítóból. Átlagosan ebben az évben 58.403,1 (~47.500) m^3 napi tisztított szennyvízhez képest 110 %-al nagyobb értéket mutat. Az ábrán látható, hogy két maximum is kapcsolható a tavasz végi-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 a jávorkúti, és 0,28 a miskolci csapadékmérő adataival összevetve.

A 2006-osnál is nagyobb vízszinteket okozott a lehulló csapadék a 2010-es árvíz esetében. Május hónapban a 11-12-i 47 mm Jávorkúton mért, illetve a 18 mm Miskolcon mért 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

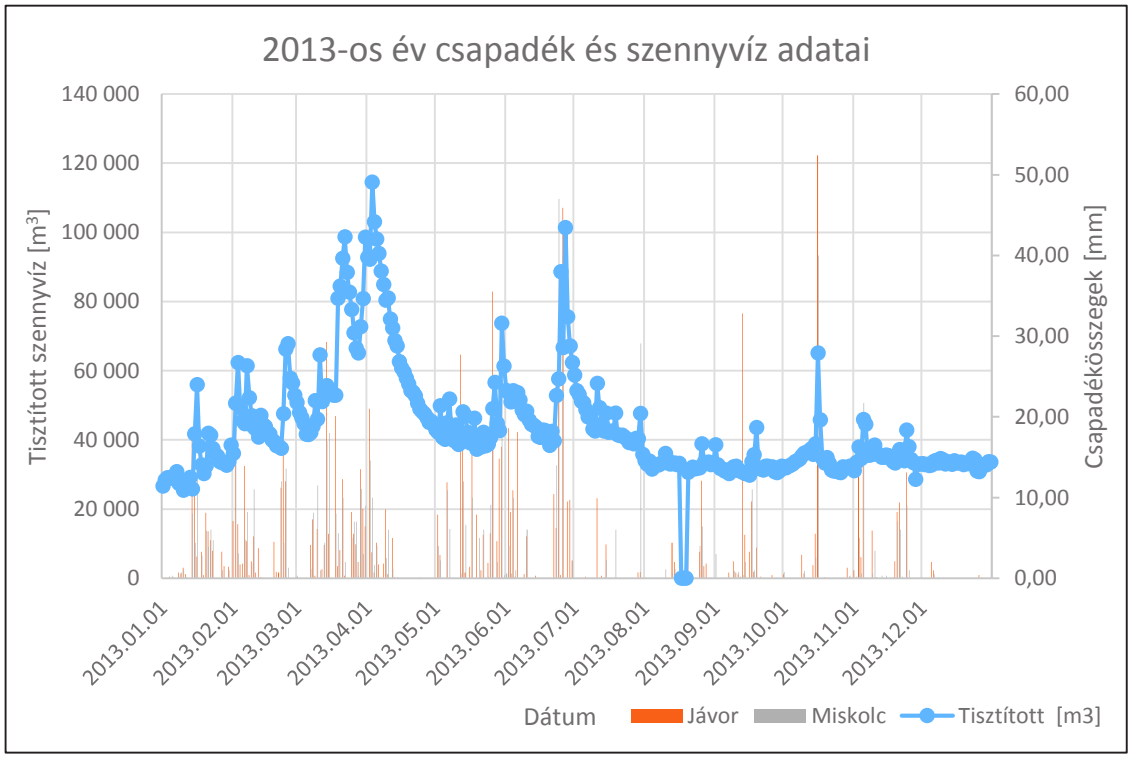
(Miskolc) csapadék egy új maximumot, több mint 120.000 m^3 szennyvizet eredményezett már 16-án, amely érték a 90.000-es határ felett maradt egészen 25-ig. Ekkor egy nagyon lassú csökkenési folyamat után 30-án elérte a 80.000-es határt. Ekkor azonban további nagy csapadékhullás következett – május 29 és június 1 között 122 mm Jávorkúton – ismét növekedni kezd a hozam, majd eléri a 126.240 m^3-es maximumát. Ez az állapot egészen 12-ig fennmaradt, amikor is 100.000 m^3 alá csökkent a szennyvíz hozama, míg egy nagyon lassú folyamatos csökkenés után június végére elérte az átlagosnak tekinthető 55.000 m^3 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 m^3-es pluszterhelést okozott a rendszerben.

2013

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



11. ábra: A 2013-as év csapadék és tisztított szennyvíz adatai

A 3. ábrán látható, hogy habár a másik két vizsgált évhez képest az éven belüli maximum csekély, 114.480 m^3 szennyvíz az évben átlagos 43.650-hez képest így is több mint kétszer akkora mennyiség. Érdemes megemlíteni, hogy az árvíz-közeli helyzet március-április hónapokban volt észlelhető, míg a másik maximum a szennyvíz mennyiségében a nyári hónapok közepére tehető.

Márciusban átlagosan 50.000 m^3 szennyvíz hagyta el a befogadóba az üzemet, ami 18 és 19-e között az 52.000 m^3-ről 80.000 fölé nőtt, majd egy rövid csökkenés után április 3. és 4. napján mindkét alkalommal 100.000 m^3-nél nagyobb volt a hozam, nem mellesleg előtte és utána is napokig 80-90.000 m^3 körül alakultak az értékek. A normális üzemmenet április 18-a után állt vissza, amikor a napi hozam 60.000 m^3 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 m^3 növekményt okozott az átlagos éves tisztított szennyvíz mértékéhez. Nyáron, június 25 és július 5 között 67,7 illetve 36,2 mm csapadék okozott egy kisebb mértékű, átlaghoz képest 248.000 m^3-es növekményt.

Érdemes ezeket az adatokat összevetni egy árvízmentes év adatával. 2012-ben átlagosan 30.950 m^3 tisztított szennyvíz hagyta el a tisztítót egy nap, a maximum júniusban volt, ekkor egy nap 65.750 m^3 szennyvizet tisztítottak meg.

Összefoglalás

Összességében elmondható, hogy a lehulló csapadék mennyisége szinte azonnal agy maximum egy nap leforgása után jelentkezik növekményként a városi szennyvíz tisztító 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, ami az idősorokból látható, egy-két hét alatt csendesedik csak az átlagos szint közelébe, csapadékmentes időszak alatt.

A város földrajzi elhelyezkedése miatt, a völgybe települt város szennyvíz elvezető rendszere a hegységben lehullott csapadékot gyorsan képes összegyűjteni és eljuttatni a szennyvízkezelő üzembe.

Irodalomjegyzék

1. Lénárt László– Hernádi Béla– Czesznak László– Horányiné Csiszár Gabriella–Szegediné Darabos Enikő– Kovács Péter– Sűrű Péter– Tóth Katalin (2012): A 2006-os és 2010-es Bükki karsztárvíz okainak, lezajlásának, hatásainak és a hasonló haváriák kiküszöbölésének általánosítható tapasztalatai, VI. Magyar Földrajzi Konferencia Tanulmányai, Szeged. pp. 538-548
2. Darabos Enikő – Lénárt László (2012): A 2006-os és a 2010-es karsztárvizeket okozó karsztvízszint változások a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) mérőhelyein, VI. Magyar Földrajzi Konferencia Tanulmányai, Szeged. pp. 147-154
3. Hernádi Béla, Lénárt László, Czesznak László, Kovács Péter, Tóth Katalin, Juhász Béla (2014): Karsztárvizek előrejelzési lehetőségei a Szinva-patak vízgyűjtőjén, A Magyar Hidrológiai Társaság által rendezett XXXII. Országos Vándorgyűlés dolgozatai. 7. Hidrogeológia és mérnökgeológia időszerű feladatai szekció, Szeged pp.1-13.
4. Kovács Péter – Lénárt László: A 2006-os és a 2010-es Bükki karsztárvizet okozó csapadékok elemzése, VI. Magyar Földrajzi Konferencia Tanulmányai, Szeged. pp. 1098-1108.

5. Bardóczyné Székely Emőke: A Biológiai Aktivitás Érték (BAÉ) fogalma és kapcsolata a települési hidrológiával

The concept of Biological Activity Value (BAV) and its connection with urban watermanagement

Kulcsszavak: települési vízgazdálkodás, Biológiai Aktivitás Érték, zöldfelület konverziók és törvényi feltételeik, hidrológiai vonatkozások.

Keywords: urban water management, Biological Activity Value, green surface conversions and their legal conditions, hydrological connections

Abstract

The goal of the article is to analyze at the same time the questions of green surface management and water management. The article presents the concept ofBiological Activity Value, which after all gives the measurement of green surfaces within a settlement. The effect of greenery/surface covered with greenery appealed on the environment through physical-physiological processes is called biological activity. The intensity of biological activity is measured by the Biological Activity Value, which makes this value an exact, countable measure.

The Biological Activity Value concept was introduced by the 1997 LXXVIII. Law 2006 change which came into effect on the 1st May 2006.

The article criticizes the law, considering that this law takes greenery into consideration only as land usage. It does not take into consideration surface and under surface watersheds. The Biological Activity Value is given in all cases by the Investor, and it is usually not taken into consideration how the construction fits into the hydrological system of the settlement. The Biological Activity Value is an advanced technique, but as an improvement the article suggests that there should be a separate analysis for the hydrological role of affected green surface conversions. Furthermore proposes, that this analysis should better be attached as a separate chapter to the Biological Activity Value calculation. Like that there could be a connection between the urban hydrology and green surface management.

Bevezetés

A települési csapadékvíz gazdálkodás egy holisztikus szemlélettel kezelhető, komplex tevékenység, ahol különböző szakemberek összehangolt együttműködésére van szükség, és igaz ez a zöldfelület gazdálkodásra is. A teljesség igénye nélkül, néhány kapcsolható

szakterület: *városrendezők, *városüzemeltetők (gazdák), *építészek, *épületgépészek, *közművesek *hidrológusok (vízgazdálkodók) *kertészmérnökök és *tájökológusok. Hozzátenném még a zöldtetővel foglalkozó szakembereket, akik régóta elemzik ezt a kérdést.

Biológiai Aktivitás Érték (BAÉ)fogalma

A települési hidrológiában igen nagy szerepe van a zöldfelületeknek, természetesen minőségüktől is függően. A település ökológiában az is számít, hogy ezek a zöldfelületek egymáshoz képest hogyan helyezkednek el, vannak-e köztük ökológiai folyosók, esetleg egymástól igen távol lévő, elszigetelt foltokként jelennek meg. Ezek után, nézzük, mi a Biológiai Aktivitás Érték (továbbiakban: BAÉ) Nagyon egyszerűsítve közelítjük a kérdést: nem mást jelent, mint a zöld felületek arányát egytelepülésen belül. A növényzetnek, illetve a növényzettel fedett felületnek a fizikai-fiziológiai és biológiai folyamatokon keresztül a környezetre gyakorolt kondicionáló hatását biológiai aktivitásnaknevezzük. A biológiai aktivitás intenzitásának mértékét a Biológiai Aktivitás Érték (BAÉ) fejezi ki, ez tehát, egy exakt, számszerüsített mutató

Példák a világból, „ zöldfelület konverzió fogalma", kapcsolat az erózió elleni védekezéssel

Jelenleg, a BAÉ akkor kerül kiszámításra, ha egy zöldfelület helyén valamilyen beruházás létesül, akkor a törvény szerint közölni kell, mekkora a BAÉ változás, számszerűleg, és ezt a Hatóság csak tudomásul veszi, vagy - ahogy sokszor történik -, előír egy településhatáron belüli kompenzációt, pl. „ csereerdőt"

A zöldfelület fontossága a világon mindenhol régóta egyértelmű. Törökországban, a Taurusz hegységben, amely sziklás, fedetlen karszt, gyér növényzettel, igen régen nagy probléma az erózió. Ha a családban egy fiú születik, azonnal ültetnek x ha erdőt.Körülbelük20 év múlva, amikor a fiú házasodik, ez vágásérett lesz, kivágják, a fát eladják, ebből fedezik az esküvő költségeit, mivel ezt a vőlegénynek kell állnia. DE: Ezzel egyidőben, a kivágott helyett azonnal elültetik az új erdőt! Ez csak régi szokás volt, de a törvény annyit tett a mai korban, hogy kötelezővé tette csereerdő létesítését. A 2. sz ábra mutatja , hogy mekkora szükség van erre a vízgazdálkodáshoz tartozó, erózió elleni védelem érdekében is. Az erdősávok jelenléte a Taurusz hegységben reprezentálja azt is, hogy sikerrel jártak. Nem kívánunk kitérni arra, hogy globális léptékben hová vezet az esőerdők kompenzáció nélküli irtása. Az erózió elleni védelem műemléki környezetben történő alkalmazására mutat példát az 1. sz ábra, amely Brno (Csehország) belvárosábankészült, láthatunk rajta már beállt, és frissen ültetett növényzetet.

A fogalmat bevezető törvény és értelmezése

A Biológiai Aktivitás Érték 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 érték számítása, vagyis, a zöldfelület kérdés elemzése tehát nem vízgyűjtőterületben gondolkodik, (települési hidrológia), nem isökológiai foltokat, vagy folyosókat vesz figyelembe(tájökológia). Ez nem kritika, hanem tény. Számítását az idézett törvény szabályozza. A törvény 8. § (2) bekezdés b) pontja szerint:

"Újonnan beépítésre szánt területek kijelölésével egyidejűlega település közigazgatási területének - a külön jogszabály alapján számított - Biológiai Aktivitás Értéke az átminősítés előtti aktivitás értékhez képest nem csökkenhet."

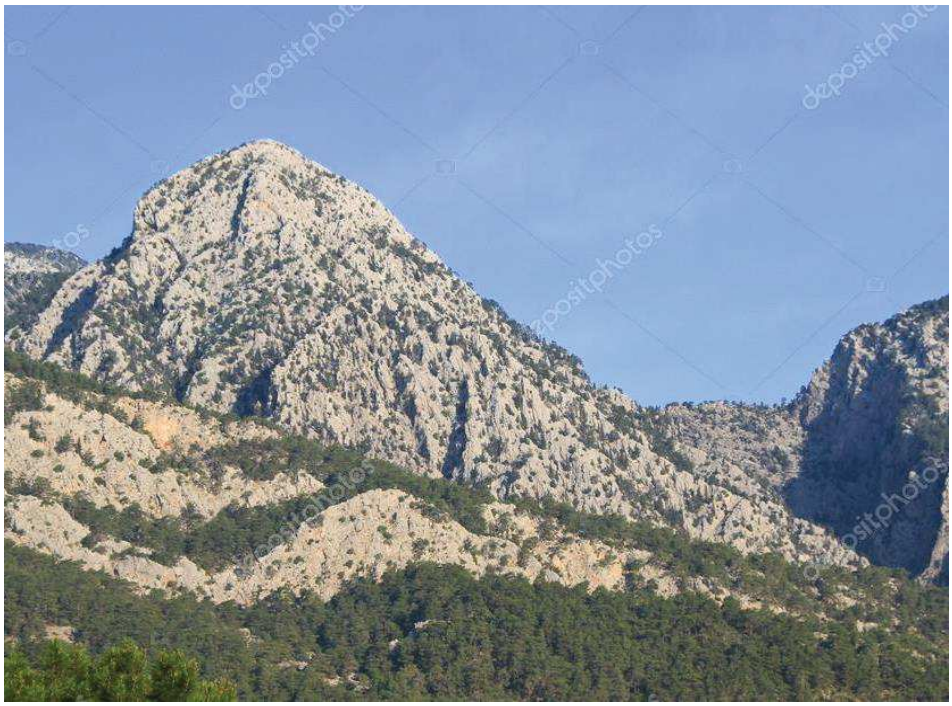
(Beépítésre szánt terület: a település közigazgatási területének a beépített, illetve a további beépítés céljára szolgáló területrésze.)

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

A BAÉ számításáról a 9/2007. (IV. 3) ÖTM rendelet,címe: "a területek biológiai aktivitásértékének számításáról"tájékoztat.

1. Brno belváros, erózió elleni védelem

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



2. Erdősávok a Taurusz hegységben

A törvény kritikája a települési vízgazdálkodás szempontjából

1. A számítás sablon, nem kell közölni, hogy síkvidéken, hegy és dombvidéken, esetleg annak egy speciális esetén karsztvidéken van a beruházás, kitérve a vízügyi kérdésekre.
2. A település közigazgatási területe egy felszíni és egy felszín alatti vízgyűjtőterület része, sőt néha nem is egy vízgyűtő területé, tehát kellene csatolni egy térképet, hogy hol is van a beruházás, ezekben a területekben elhelyezve.
3. Célszerű lenne a BAÉ-hez kapcsoltan létrehozni az alábbi mutatót is: Víz körforgás változási mutató a beruházás helyén atermészetes vízkörforgáshoz képest: Újonnan beépített terület /természetes vízkörforgás területe (lásd a példát!)
4. Amennyiben “csereterület”kerül kijelölésre, akkor is nagyon fontos:
   - hol helyezkedik el a vízgyűjtő területen belül?itt már szükségesek a vízgazdálkodást érintő részlet elemzések, pl. BAÉ szempontjából tényleg értékesebb egy szőlő-gyümölcsös, mint egy szántó, csakhogy: pl. vízgazdálkodási szempontból nem biztos, hogy egy domboldalon lévő, régóta szintvonal mentén művelt szántónál kedvezőbbegy esésvonallal párhuzamosan telepített szőlő vagy gyümölcsös

5. Természetesen ismert tény, hogy a BAÉ számítása egy hatástanulmány, esetleg környezeti felülvizsgálat része szokott lenni, ahol a fent hiányolt információk megjelenhetnek (pl. felszíni vizek stb) más kötelező fejezetekben, de ezzel a számítással mégsem hozzák kapcsolatba.

BAÉ számítás egy példán bemutatva

Nézzünk egy modellterületet! (Jámbor, 2004)

20 ha rét helyére épül 20 ha ÜDÜLŐHÁZAS TERÜLET.

Az előírt számítás, a tv. 1. sz melléklet szerint (Itt még csak területhasználat szerint számolva)

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

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

Területek számítása:

1. Fasor: alapterület számítás: dxh, ahol:d=fasor szélesség, amely=koronaátmérő+koronamagasság/2, h=fasor hosszúság
2. 20 cm átmérő feletti szoliter fa :alapterület számítás:r^2 ahol r= koronasugár= (koronamagasság +koronaszélesség)/2 m

(Példaként megadott alapadatok

- 0,2 ha földút,40 m hosszú fasor, 15 m koronaszélesség, 10 m koronamagasság
- 3 db szoliter fa, 3x 18 m koronaszélesség, 12 m koronamagasság=368 m^2
- 2 dbszoliter fa2x22 m koronaszélesség, 15 m koronamagasság=537m^2

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	

Eredeti korrigált biológiai aktivitás érték= 81, 94, 10%-kal megnövelve=90, 13

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

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	

értékkülönbözet:6, 13

Tehát a pótlandó értékkülönbözet BAÉ számítás szempontjából: 6, 13

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

Az itt közölt mutató egyelőre annak illusztrációjára szolgál, hogy mi történt a vízgyűjtő terület egy rögzített pontján, a beruházás helyén, és egyelőre milyen mértékű a kompenzáció.

Magyarul, jóindulattal nézve a kérdést, azonos helyen 75 % a természetes vízkörforgáshoz képest létrejövő változás.

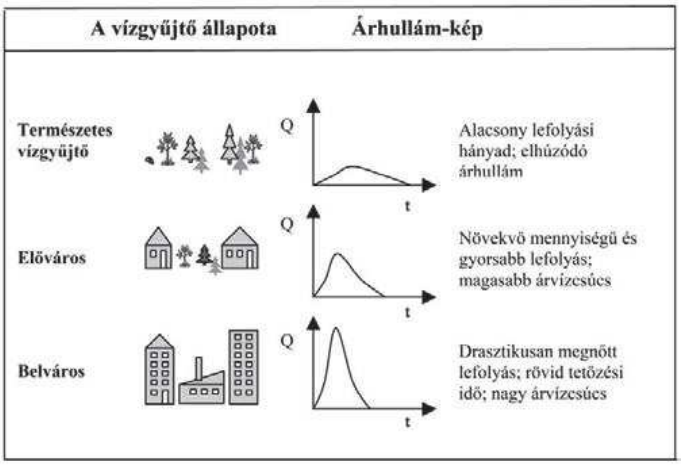
Pótlás módja a település közigazgatási területénbelül: Szántóból kivéve: Lesz helyette: szölö, gyümölcsös, területnagyság:3, 7 ha..

Eredeti fajlagos értékmutató:3, 5, eredeti BAI érték: 12, 95

Új fajlagos értékmutató: 5, 5, Új BAI érték: 20, 35

értékkülönbözet:7, 4Tehát, a törvény szerint a példa megfelel. (BAÉ értéket nézve)

Értékelés a települési vízgazdálodás és tájökológia szemszögéből



Település és lefolyás Gayer, 2007

Az ábra szerint, a 20 ha rét átkerül “természetes vízgyűjtő”kategóriából kb. elővárosi”kategóriába.

Vízháztartási vizsgalat, vizmérleg felallitasa az alabbiak szerint:

L= C-S-B-P (mm),

ahol:

L lefolyás, C csapadék, B beszivárgás, P parolgás. S nedvesitési tárolás

Rét feltörése

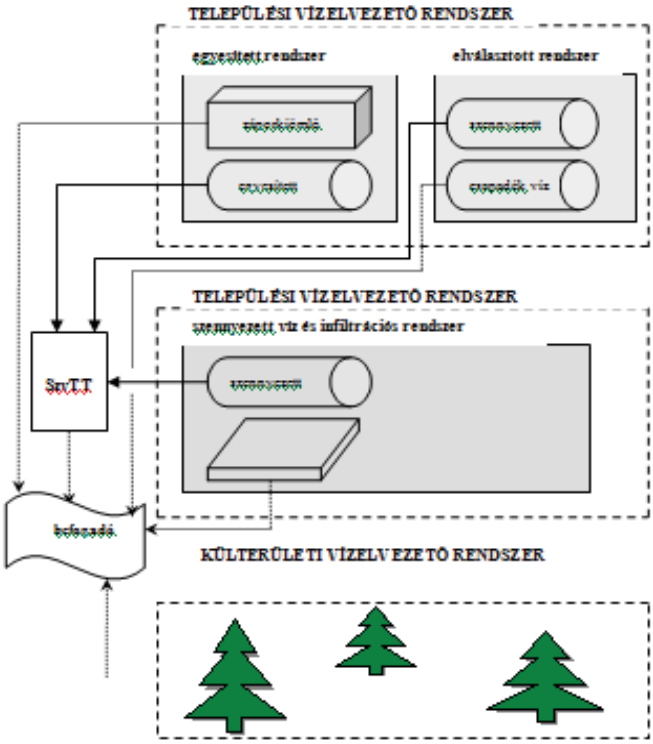
Feltörünk 20, ha rétet. Megváltozik a vízmérleg valamennyi tényezője. Nemcsak alefolyás-beszivárgás mennyiségének aránya, hanem, az árhullám kép alakja is. Az ábra szerint, átkerül “természetes vízgyűjtő”kategóriából kb. elővárosi”kategóriába. A változás mértéke földrajzi hely függő.(síkság vagy dombvidék). Bizonyított tény, hogy a gyepterületek feltörése N kiáramlást indít el a talajvíz felé, ezzel is számolni kell. Az utat kísérő fasornak nemcsak tájökológiai, defláció elleni, hanem mikroklíma megőrző szerepe is van. A kivágandó fák madarak pihenő, és fészkelő helyei, a táj jelleg tartozékai.

Üdülőházas terület épül, védő erdősávval és túrisztikai célú erdővel.

Tételezzük fel, hogy egy közjólétet szolgáló terület környezet és természetbarát is lesz. Vízgazdálkodást is nézve, mesterséges vízkörforgás alakul ki, de meg lesz oldva az ivóvízellátás és a szennyvíz kérdés. A védő erdősáv és közjóléti erdő talán az evapotranspiráció, intercepció kérdést pozitívan alakítja, megfelelően tervezett zöldfelületek, javíthatják a lefolyás-beszivárgás arányt. A földút valószínűleg burkolásra kerül, de ez a beruházás tartozéka. Ha a tájökológus nem is örül a rét feltörésének, de el kell fogadni. A terület nemcsak egy közigazgatási terület, henem egy vízgyűjtő terület része is, ahol a víz eddigi természetes körforgása helyett annak mesterséges körforgása lép életbe.

Kompenzációs terület: Szántó helyett kialakítandó: szőlő, gyümölcsös

Kompenzáció képpen, a település, és a vízgyűjtő terület egy egész másik részén, (általában probléma szokott lenni, hogy hol, és kié a terület?)létesül mezőgazdasági terület helyett zöldfelületként értékesebb gyümölcsös és szőlő, a BAÉ kompenzációnak eleget téve. Csakhogy, itt a nagy probléma: rendelkezni kell egy csereterülettel, akár vásárlással is megszerezve, a településen belül valahol.



A vízgyűjtőterület vízelvezető rendszereinek sémája MSZ EN 752-2008

(Dulovicsné, 2011) A települési vízgazdálkodás rendszerében gondolkodva, a vizsgált terület eredetileg külterület, de tudnunk kell, hogy a BAÉ számítás sokszor éppen a belterületbe vonás feltétele. A csererterület is valószínűleg külterületen van. A települési vízgazd. rendszer egészét nézve, nagy kérdés, hogy hol van az eredeti, és hol a csereterület helye? Vízgazdálkodási szempontból többek között nagyon nem mindegy, hogy völgytalpon, vagy domboldalon létesül szőlő, gyümölcsös, hogyan fognak ott gazdálkodni a hidrológia és vízminőségvédelem szempontjai szerint, ki garantál ezen a területen folyamatosan bármit is!

A BAÉ csereterület törvény szerinti számítása korrekt, de ezek a részletek tartoznak hozzá.

Példánkra visszatérve, a kérés csak annyi: egy rövid, települési vízgazdálkodást érintő fejezet készüljön el, és a javasolt intézkedésekkel egészítse ki a BAÉ számítást!

Települési zöldfelületek, pozitív és negatív példák

Települési vízgazdálkodás szempontjából nagyon különböző értéket képviselnek a városépítészet ma gyakran használt megoldásai: parkok helyett mélygarázs tetők a terepszinten gyeppel, cserjével borítva, esetleg fák is vannak. Zöldfelületek, jól kezelhető, tökéletesen síma, mikrodomborzat nélküli gyeppel. Hidrológiailag egész mást jelentenek, mint az eredeti park,

ökológiailag is!, Ezek tulajdonképpen a terepszinten létesített zöldtetők, természetes, hogy a települési vízgazdálkodásban betöltött szerepük negatívabb az eredeti parkhoz képest.

Egész más a helyzet, ha zöldtető épül tetőszinten, az pozitív tényező, javít a környezeten! Csakhogy, itt is van probléma, ahogy a zöldtető építők jelzik. A biológiai aktivitás érték mutatói között ugyanis *nem veszik számításba az egyszintes, pozsgás növényekkel borított, extenzív zöldtetőket, amely az OTÉK 182/2008 (VII. 14.) rendeletben 10%-os beszámítási értéken szerepel.* A témával foglalkozók szerint, ennek áthidalását úgy javasolják, hogy az extenzív zöldtetőt nevezzék "közhasznú zöldfelületnek"

Az extenzív zöldtetőket a közhasznú zöldfelületek kategóriájába kell 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 mutatói táblázatán sem kellene változtatni. (Vagyis, a közölt BAÉ számítást nem befolyásolná, attól függetlenül kötelező lenne.)

Rendeletileg kötelezővé tenni: minden 200 m^2-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, L., 2010

A BAÉ számítás készítője

A beruházó, ill. annak megbízott tervezője, mivel ez akkor készül, ha egy településen zölddel borított felület helyett valamilyen építkezésre kerül sor. A környezeti felülvizsgálatoknál is sor kerül a számításra, pl. hogy a rekultiváció milyen irányba mozdította el az értéket? Lényeg viszont, hogy számítását a beruházó végezteti el. A növénnyel fedett területek összefüggő hálózata nélkül nem működik a település. A településtervezés a beruházói érdekeknek van alávetve, ami maximalizálja a beépítést és minimalizálja zöld felület létesítést, átfogó térbeli struktúráról pedig szó sincs. A hiányzó zöld felületi rendszer miatt elmarad annak a települést kondicionáló hatása, s így a felmelegedés ellensúlyozására az épületeket fogják –drágán- kondicionálni. (Jámbor, I., 2008)

A BAÉ értékelése, összefoglalás, javaslat

A törvényen alapuló számítás jó kezdeti lépés, jogilag nehéz is részletekbe menni. Gond viszont, hogy számításra akkor kerít sort a beruházó, amikor zöldfelület konverziót tervez, és a törvényi keret azért ad lehetőséget „ játékra a számokkal. Ha lenne a településnek egy BAÉ térképe a zöldfelületekről, amely a „ szokásos”tájépítész 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, mint a beadott számítás. Ha ez túl nagy lépés, akkor legalább, kezdetnek, a dokumentáció BAÉ számításának végén legyen egy rövid értékelés a települési hidrológia szemszögéből.

A cikk nem bírálatra törekszik, de arra igen, hogy a zöldfelület tervezés kérdésénél a települési vízgazdálkodással kapcsolatos szakemberek véleménye ismegjelenhessen, több más szakmával együtt.

Irodalom

1. Bellavics, L. (2010):A zöldfelület-gazdálkodás törvényi visszásságai 2010. február 5. CET 07:14 építészek, alkotók)
2. Dulovics, Dné (2011): A továbbfejlesztett MSZEN 752 „ A telepulesek vizelvezető rendszerei”c. europai szabvany, MaSzeSz HIRCS ATORN A, julius-augusztus pp. 3-15
3. Gayer, J., Ligetvári, F. (2007): Telepulesi vizgazdalkodas, Csapadekviz gazdalkodas (KVVM 2007)
4. Jámbor, I. (2008): Zöldfelületek kérdései, Falu Város Régió 2008/1. sz

6. Török László, Orgoványi Péter, Salamon Endre: A mérnök számára szükséges csapadékadatok és számítási módszereik a települési csapadékvíz elvezetéstől a csapadékvíz gazdálkodásig

Rainfall data and their estimation methods in the urban storm sewerage engineering

Kulcsszavak: csapadék intenzitás-időtartam-visszatérési idő, időben nem állandó csapadékok, diszkrét lépcsős intenzitás eloszlások, szintetikus idősorok, nagycsapadékok

Keywords: storm intensity-duration-frequency, time varying rainfalls, discrete stepped intensity-distributions, synthetic rainfall series, heavy rainfalls

Absztrakt: A belterületi csapadékvíz elvezetés és –gazdálkodással foglalkozó mérnök szemszögéből vizsgáltuk a ma rendelkezésre álló csapadékadatokat, azok használhatóságát, az adatsorok előállításának egyszerűbb módszereit. Javaslatot tettünk a mért csapadék adatok feldolgozásán alapuló, mérnöki feladatokhoz szükséges generált adatok minőségének javításához szükséges teendőkre.

Abstract: In the study is investigated feasibility of rainfall data, simple methods of generation of rainfall series in the urban storm sewerage engineering. There are made suggestions for agenda improving generated rainfall data quality for engineers, based on measured data.

Bevezetés

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

Ma az Országos Meteorológiai Szolgálat mellett boldog-boldogtalan mér csapadékadatokat – az interneten idehaza legalább két szemjegyű amatőr és kevésé amatőr meteorológus honlapja érhető el -, jó esetben feldolgozott formában hosszabb, rövidebb időt átfogóan, „rosszabbik” esetben „csak” napi adatokhoz juthatunk, amelyek a közönségigények kielégítésére kiválóan alkalmasak is lehetnek, de a mérnök sokra nem jut adataikkal.

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 fellelhetők. Ezek 30 évnél régebbi adatok feldolgozásával keletkeztek, és az újabb szakkönyvek is leginkább ezekből a „másodlagos frisseségű” 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, pl. 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 vízelvezetés biztonságával összefüggő, „mértékadó" csapadékokból számított vízhozamok, és az erre tervezett és megépített vízelvezető 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, ill. átlagos visszatérési idővel bekövetkező lefolyás keletkezik. Ennél konkrétabban legfeljebb a vízhozam számításhoz 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 tíz percnél hosszabb idejű, de 180 percnél rövidebb csapadékesemények érdekesek, az úgynevezett rövid idejű nagycsapadékok.

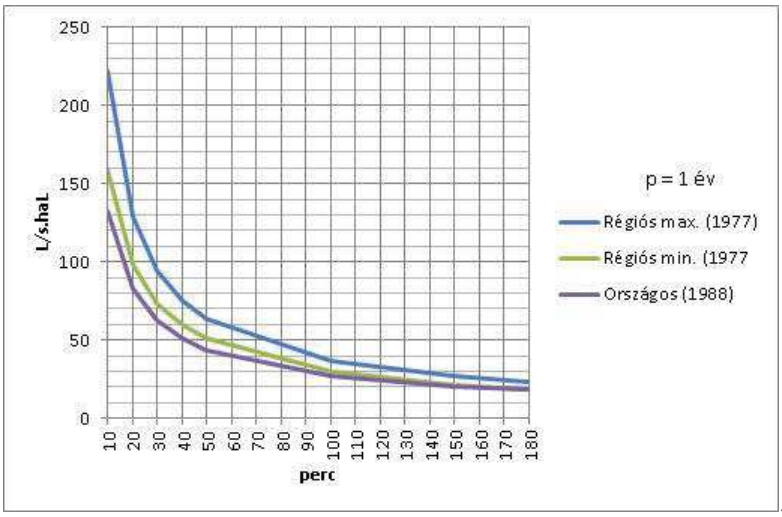
A manuálisan végzett lefolyásszámításokkal kapcsolatos fontos követelmény volt, az alkalmazott módszer egyszerűsége. Ennek érdekében a csapadékeseményeket állandó intenzitásúnak tekintették. Ehhez kapcsolatot kerestek a csapadékok intenzitása (i) és időtartama között.

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

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

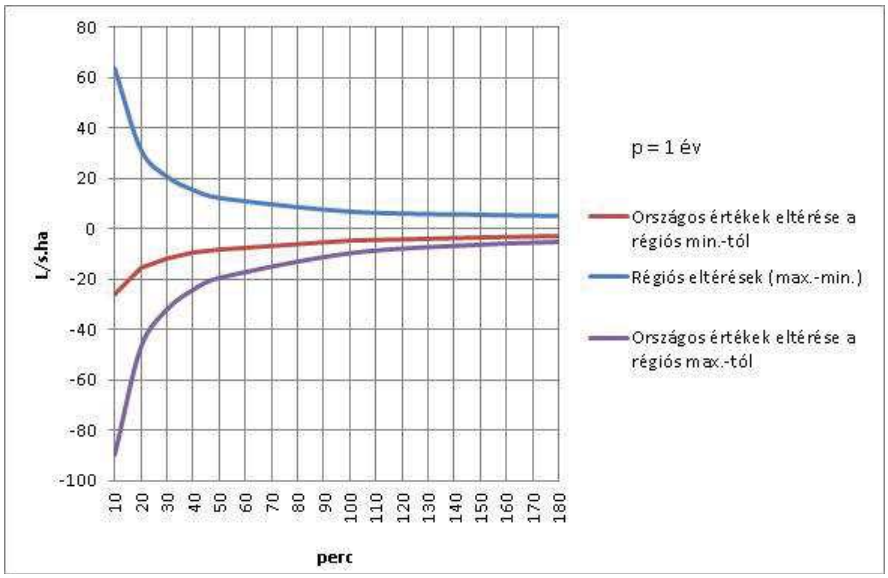
összefüggést standard módon alkalmazzuk, amelybe az időt 10 perces egységben kell behelyettesíteni..Az idők folyamán a hazai csapadék függvények, és ebből kifolyólag az intenzitások is módosultak. A Vízügyi létesítmények kézikönyvében (1974) még az ország területét lefedő tizenkettő, csapadékmérő állomásokkal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

1977-ben a régiós csapadékfüggvényeket felváltó, az egész országra érvényesnek tekintett összefüggés jelent meg a VMS 201 műszaki segédletben, majd az MI-10-455-2:1988 műszaki irányelvben is, immár a gyakorló mérnökök számára „kanonizálva". A változások érzékeltetéséhez összevetettük a korábbi régiós adatok szélső értékeit (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 minimum értékeihez képest is, a maximum értékhez viszonyítva az eltérések pedig kifejezett rendkívül nagyok, legalábbis a rövid idejű csapadékok esetében.



12. ábra. Régiós és országos csapadék intenzitások (p=1 év)

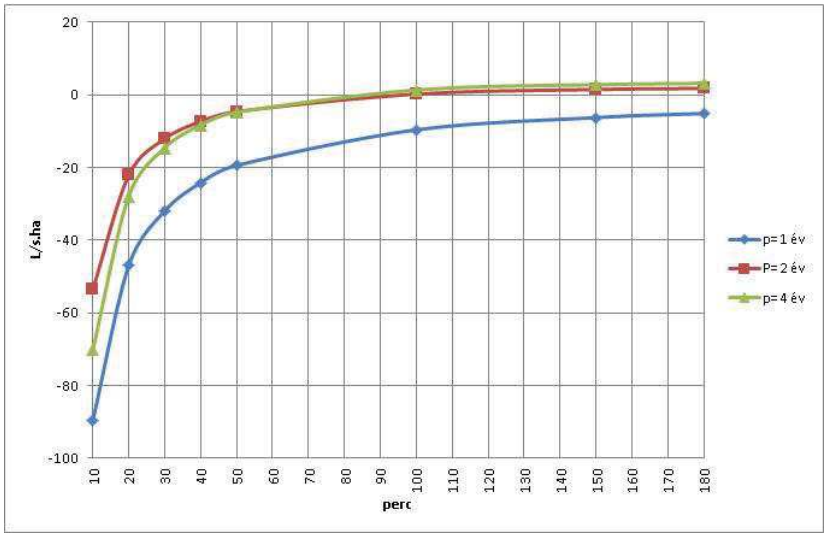
A régiós értékek is meglehetősen széles sávban szóródtak, amit a 2. ábrán mutatunk, ismét csak az 1 éves visszatérési idejű intenzitás adatokkal. Az országos intenzitás értékek eltérései szintén ezen az ábrán láthatók, mind a régiós minimumokhoz, mind a maximumokhoz viszonyítva. Az új szabályozás szerinti adatok több tíz L/s.ha intenzitáscsökkenést mutatnak.



2. ábra. Csapadékintenzitások eltérései (p=1 év)

Az eltérés a nagyobb csapadék időtartamoknál persze egyre kisebbek, a 180 perces értékeknél már csak 5 L/s.ha. A mérnök számára irányadó tervezési adatok változásai a rövidebb záporintenzitásoknál, egyúttal a kis összegyülekezési idejű vízgyűjtő területeknél jelentettek markáns változást. Ám ezeknél a viszonylag kis vízgyűjtők közterületi csapadékelvezető létesítményeinél még lehet, hogy a sűrűbben előforduló záporok esetén problémák nem adódtak/adódnak, aminek oka egyrészt éppen a vízgyűjtő terület kicsisége, másrészt az alkalmazott minimál-szelvények vízelvezetőképességi és tározási tartalékai. Mindenesetre az országos érvényességű csapadékintenzitás függvények paramétereinek felülvizsgálata az általános használatú segédletbe bekerülése óta eltelt 40 év után, csapadékadat-sorainknak a mérőhálózat növekedése, a csapadékészlelések 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 intenzitás eltéréseket, a legnagyobb csökkenések az 1 éves csapadékok esetében vannak. Ugyanakkor a 2 és 4 éves csapadékok esetében a 90 percnél nagyobb időtartamú csapadékok esetében az eltérések - ugyan csak kis mértékben – ellenkező előjelűek, azaz 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

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 csapadék-kontinuumot veszik figyelembe. Alkalmazásukkor tulajdonképpen időben konstans intenzitású csapadékkal számolunk. A számítás „egyszerűsége" miatt mind a mai napig a rutin munkák alapmódszere. Adekvát alkalmazhatóságát a durván száz éves mérnöki tapasztalat igazolta, amennyiben az oki korlátokat - pl. vízgyűjtő terület nagysága, alakja, összegyülekezési idő nagysága – betartjuk, és az adott létesítmény mértékadó vízszállításainak számításakor az egyéb jellemzőket (pl. lefolyási tényező, összegyülekezési idő) is jól becsüljük meg.

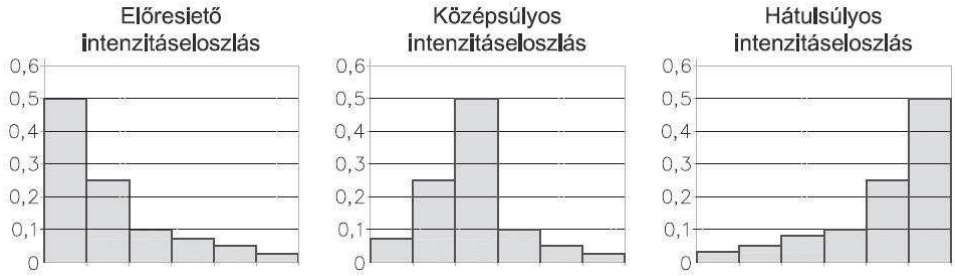
Az időben állandó intenzitású csapadék feltételezése a bonyolultabb esetekben már elfogadhatatlan lehet, különösen akkor, ha az előbb felemlegetett oki korlátok sem teljesülnek. Napi tapasztalat, hogy a csapadék jelentős része a záporesemény első részében (felében-harmadában) esik le. Ennek ellenkezője is létezik, amikor a csapadék nagyobb része a csapadékesemény második felében hullik le, példát erre a Fővárosi Csatornázási Művek a mérőhálózatán mért adatokból készített idősorokon (Rácz, T. 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 csapadék tartamra a modell szerinti összes csapadékmennyiség ugyanakkora legyen, mint a „valóságos” csapadéké. Az egyik ilyen, az MI-10-455 irányelvbe is bekerült szimpla háromszög alakú intenzitásmodell.

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



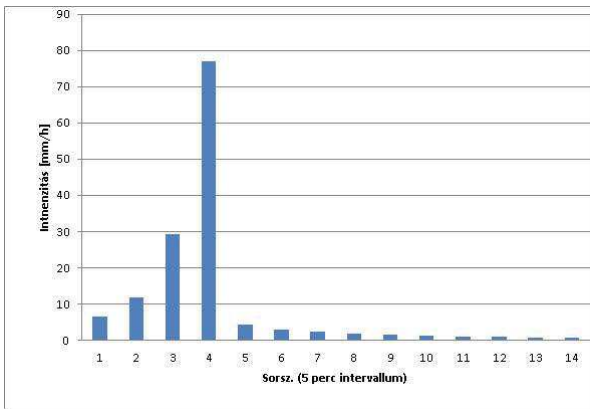
4. ábra. Többlépcsős intenzitásmodellek

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

Adott esetben valamelyik lépcsős csapadékintenzitás idősor akár adott visszatérési idejű, és időtartamú blokkcsapadékok adatai alapján is előállíthatók (Thiele+Büttner GbR, 2012).

Az alábbiakban példát mutatunk a hazai intenzitás-időtartam-visszatérési idő kapcsolat alapján egy középsúlyos 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 egy évre - vonatkozó paraméterek alapján kiszámítjuk - elvileg tetszőleges, a példában 5 perces időlépcsők végére – a csapadékintenzitásokat. Ezekből az adatokból kiszámítjuk az egyes időintervallumokra érvényes intenzitásokat. Az így diszkretizált adatsorból kiválasztjuk a legnagyobb értéket, amit a teljes időtartamom belül a kívánt maximumhoz tartozó intervallumba helyezzük át, a példán a csapadék időtartam harmadába, példánkban a 4., azaz a 15-20 perc közötti intervallumba. Az ennél kisebb időkre, azaz a maximum előtti intervallumokba a következő legnagyobb intenzitásokat tesszük, de fordított sorrendben. A maximum utáni intervallumokba pedig a többi

diszkretizált intenzitásértékek kerülnek változatban sorrendben. A kapott eredményt a 10. ábra mutatja.



5. ábra. Lépcsős csapadék intenzitás idősor generálása 1 éves visszatérési idejű csapadékintenzitás függvényből 70 perc időtartamra

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

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

A csapadék és a vízgyűjtő terület nagysága közti kapcsolat

A csapadékintenzitások 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 intenzitás csökkenés között lehet felállítani kapcsolatot, erre példát a szakirodalomban elvétve ugyan, de találunk (Butler & Davies, 2011), de csak adott régióra érvényesen.

Ausztriára, 6x6 km-es rácstartományú pontcsapadékokra állítottak fel a csökkenésre vonatkozó összefüggést (Weilguni, 2013).

Szintetikus csapadék idősorok

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

A szintetikus csapadék idősoroknak hosszúaknak, időben nagy felbontásúaknak és hézagmentesnek, valamint a valóságos adatsorokra jellemző valószínűségi eloszlásúaknak kell lenniük.

Nagycsapadékok

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

A nagycsapadék, ill. extrém csapadékesemény definiálása meglehetősen problematikus, mert mind a rövid idejű, de rendkívül nagy intenzitású csapadékesemény, mind a hosszú idejű, akár több napos, de kiugróan nagy mennyiséget adó csapadék is ekként nevezető.

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) pl. 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 csapadékok és száraz időszakok alakulása.

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

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) Országos Vízjelző Szolgálata számára lefolyás előrejelző rendszer működik. A részfolyamatokat modellező modulokból álló rendszer 0,1º-os felbontású rácsháló́ra transzformált meteorológiai változókból generál ezzel azonos vagy ennél kisebb felbontású (pl. 0,125º) adatokat, *Csík* beszámolója szerint 6, ill. a jövőben várhatóan 1

órás időlépcsőkben (Csík, 2014). Az egy órás felbontás már közelít ahhoz az adatigényhez, amire a vízelvezetést 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, intenzitás adatok. Bonyolultabb esetekben, az adott vízgyűjtőhöz közeli meteorológiai állomások „valós mért" adataira, vagy adott időtartamú és időbeli eloszlású – egyszerűbb vagy bonyolultabb – szintetikus csapadék idősorokra is szükség lehet. A tömegesen előforduló, de igényes csapadék-lefolyás számításokhoz megalapozott, a jelen időszakunkhoz közeli, de kellően hosszú időintervallumot (legalább három-négy évtizedet) felölelő csapadékadatokon alapuló, statisztikailag feldolgozott, a mérnöki munkához alkalmas formában történő kidolgozására van szükség. Ezeket pedig rendszeresen, legalább húsz-huszonöt, de inkább 10-15 évente karban kellene tartani, és a bevált műszaki irányelvek, segédletek formájában, de nem feltétlenül papíron, kellene elérhetővé tenni.

Speciálisabb feladatokhoz, a blokkmodellt meghaladó modelleket, és 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 hálózatain összegyűjtött primer, de hibás adatoktól megtisztított adatokat kellene közkinccsé tenni, hogy ezekből a tudományos műhelyekben a mérnökök számára használható feldolgozott adatok készülhessenek.

Irodalom

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

7. Babbit, H. E., 1952. *Sewerage and sewage treatment.* New York: J. Wiley & Sons.
8. Butler, D. & Davies, J. W., 2011. *Urban Drainage.* hely nélk.:Spon Press.
9. Csík, A., 2014. Meteorológiai adatasszimiláció az országos vízjelző szolgálat előrejelző rendszerében. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek,* Légköri Folyamatok előrejelzésének módszerei és alkalmazásai. kötet.
10. DWD, dátum nélk. *Warnkriterien.* https://www.dwd.de/DE/wetter/warnungen_aktuell/kriterien/warnkriterien.html, 09. 2017.
11. Fabig, I., 2007. *Die Niederschlags- und Starkregenentwicklung der letzen 100 Jahre im Mitteldeutschen Trockengebiet als Indikatoren möglicher Klimaänderungen Dissertation,* Halle-Wittenberg: -.
12. Gayer, J., 2004. *A települési csapadékvíz-elhelyzés az integrált vízgazdálkodás tükrében Dissz..*
13. György. I. szerk, 1974. *Vízügyi létesítmények kézikönyve.* Bp.: Műszaki Könyvkiadó.
14. Kis, A. et al., 2014. Nagycsapadékok és aszályok: Mire számíthatunk?. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek,* Légköri Folyamatok előrejelzésének módszerei és alkalmazásai. kötet.
15. LUBW, 2008. *Niederschlagsreihen für die Langzeitsimulation.* arlsruhe: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Würtenberg.
16. 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
17. Thiele+Büttner GbR, 2012. *Die Verwendung der Euler-2-Verteilung als Niederschlagsinput in NA-Modelle.* http://www.tubig.de/Download/Euler2_NAM.pdf, 09.2017.
18. Váradi, F. & Nemes, C., 1992. Rövid idõtartamú csapadékmaximumok gyakorisága Magyarországon. *Légkör,* 3. kötet.
19. Weilguni, V., 2013. *Fachkarte Bemessungsniederschlag.* http://ehyd.gv.at/assets/ehyd/pdf/bemessungsniederschlag.pdf, 09.2017.
20. WMO, 1976. Hidrológiai eljárások útmutatója. II.. kötet.

II. fejezet: Települési infrastruktúra és települési vízgazdálkodás szekció

7. Tamás János, Nagy Attila, Riczu Péter, Fehér János: Nagyfelbontású 3d városmodell felépítése és szerepe a települési vízgazdálkodásban

The role and the structure of high resolution 3d city model in urban hydrology

Kivonat

A tanulmány a lehetséges városi zöld infrastruktúra kialakítása keretében mutatja be a légi-lézerszkenneres technológia előnyeit és alkalmazási lehetőségeit a városi vízgazdálkodási tervezésben, Debrecen példáján keresztül. A bemutatott módszer alapján a LIDAR technológia pontos adatokat biztosított a zöldfelület, a beépítettség, a városi lefolyásviszonyok, a ciszterna tervezési és csapadékvíz hasznosítás értékelésére, továbbá részletes képet kaphatunk az épületekről, a növényzet és a földfelszín tulajdonságairól is. Ez további pontos számításokat tesz lehetővé, melyből kiszámolható az összegyűjthető csapadékvíz mennyisége is. Különösen jó lehetőségek vannak a nagy területről, gyorsan, homogén adatállományokat gyűjtő új típusú, különböző elektromágneses spektrumokat használó távérzékelési eszközök adatnyerésében, a lefolyási tényezőket befolyásoló érdességi viszonyok meghatározásában, a beszivárgást módosító városi földhasználat területi mintázatának értékelésében, valamint a visszatartás utáni vízkormányzás és irányított evapotranspiráció megoldásaiban. Emellett pontosíthatóak a lefolyási viszonyokkal kapcsolatos paraméterek (érdességi tényező, lefolyás iránya, összegyülekezés térbeli és időbeli alakulása), amelyek kiegészítő információt adhatnak a városi csapadékvíz elvezetésének megoldásához is.

Kulcsszavak: LIDAR, városi hidrológia csapadékvíz gyűjtés, városi lefolyás

Abstract

The study demonstrates the benefits and applications of airborne laser scanning technology in urban water management planning in the frame of a possible green urban infrastructure. The study site is the city of Debrecen. Based on the results presented, LIDAR technology has provided accurate data for assessing the green areas, built-in areas, urban run off conditions, cistern design and rainfall utilization, furthermore it can give detailed view of buildings, vegetation and surface properties. This technology allows more accurate calculations of the amount of rainwater to be collected. Particularly good opportunities are available in the data generation of remote sensing devices using the new types of electromagnetic spectrum, which rapidly collect homogeneous data sets for determining the roughness conditions affecting flow factors, for assessing the territorial pattern of urban land use modifying the infiltration and for water retention management as well as evapotranspiration measurement solutions. In addition,

it is possible to clarify the flow condition parameters, such as roughness factor, direction of run off, spatial and temporal evolution of aggregation, which can add additional information to the urban rainwater drainage.

Keywords: LIDAR, urban hydrology rainwater collection, urban drainage

Bevezetés

A kutatások alapján Magyarország klímája változik és növekszik az időjárási szélsőségek (aszály, hőhullámok, nagyintenzitású csapadékjelenségek) előfordulási valószínűsége. Az aszályos hónapok gyakorisága 60%-kal nő már 0,5 °C-os hőmérsékletnövekedésnél (ANDA et al. 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 igényelnek, 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 ezek 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 Stratégiai programjainak keretén 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 optimalizálhatóak, de ezek hidrológiai rendszerbe történő foglalása még meglehetősen hiányos. Az ezredforduló után rohamos fejlődésnek indultak azon lézeres távolságmérésre alapuló képalkotó lézerszkennelési technológiák, melyek segítségével olyan mértékben lehet előállítani részletgazdag adatokat, mellyel a hibrid városmodellezés fogalma is új dimenziókat ölt (DETREKŐI 2010). A lézerszkenner néhány perc alatt több millió pont 3D koordinátáját képes megmérni nagy pontossággal. A felmérés eredménye egy térbeli

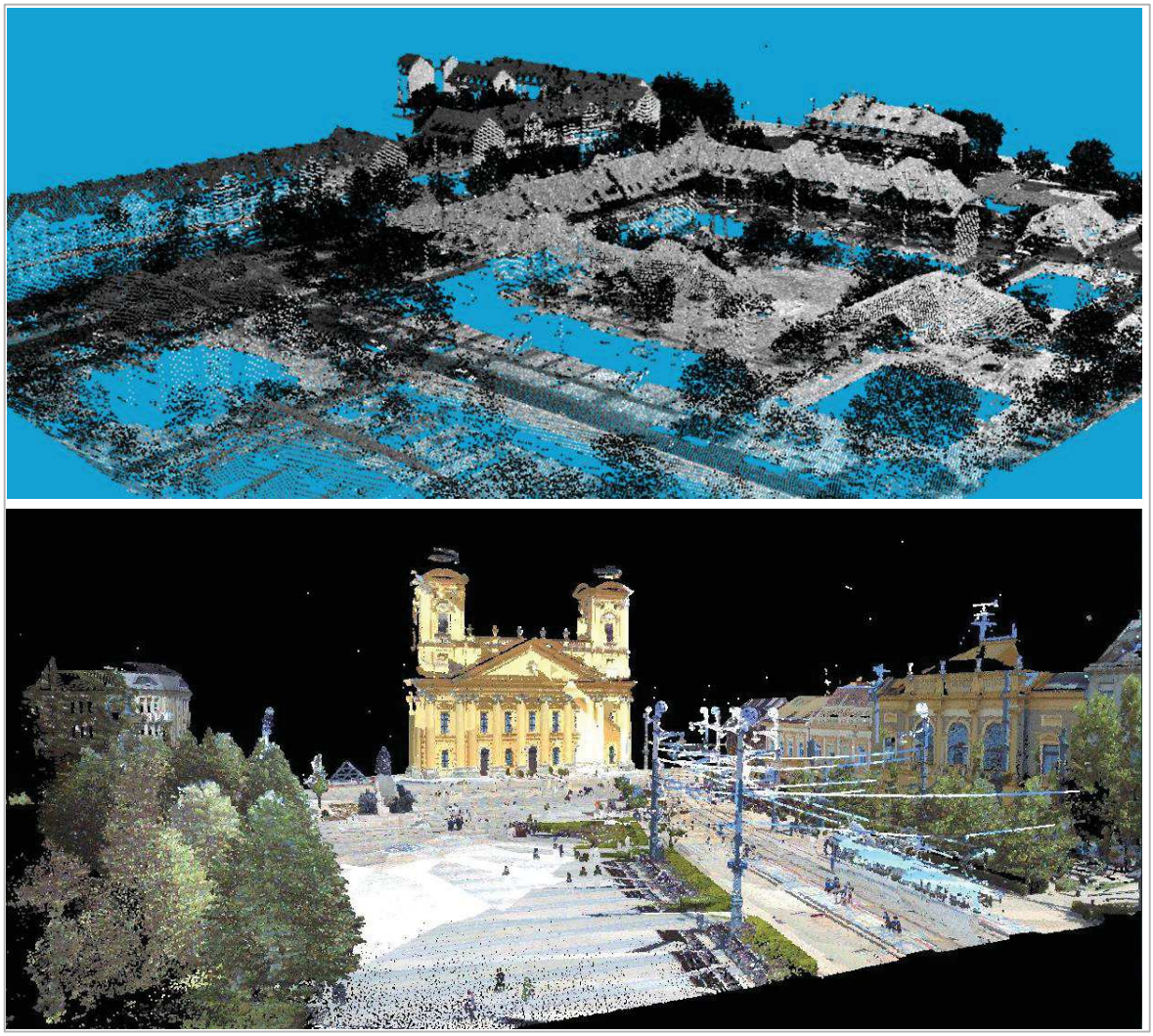
"pontfelhő", melyből utólagos kiértékeléssel nyerhetőek ki a felmért objektumok geometriai adatai (BARTHA és HAVASI 2011, BUDAK 2012). Működési elve alapján egy lézersugár segítségével megmérhető az adott pont és a műszer távolsága, így kiszámíthatóak a megmért pont 3D koordinátái. A leglényegesebb különbség azonban a mérés időbeliségében van, hiszen amíg a geodéziai módszerekkel percenként csak néhány pont mérhető, addig a lézerszkenner több millió pont koordinátáját határozza meg (BUDAK 2012, RICZU et al. 2015).

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

- épület szegmentálás,
- lefolyási viszonyok értékelése,
- tetőfelületek kiszámítása és a tetőfelületek által felfogott csapadékvíz mennyiség kiszámítása,
- ciszterna tervezés, különböző intenzitású csapadékeseményekkel kalkulálva, és az
- automatikus fadetektálás városi környezetben.

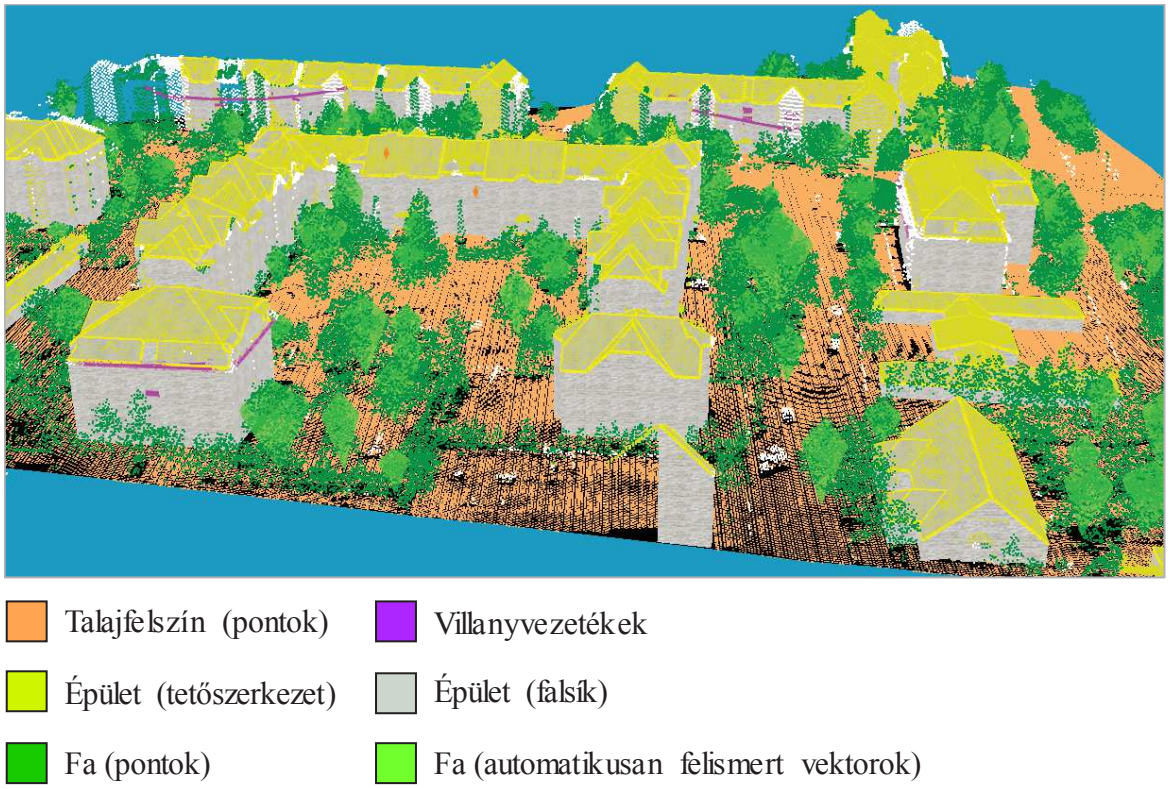
Lézeres 3D városhidrológiai modellezés módszertana

Debrecen város felmérése során elkészített adatállományunk végső kimenetele egy ún. 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, mely 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, Geodézia Zrt. által biztosított modell, saját célú kivágata) pontfelhős modellje légi, illetve földi mobil lézeres adatgyűjtés eredményeként

A pontfelhő alapján a 3D városhidrológiai modellezés legfontosabb feladata, hogy modellezze a térfelszínt és az azt alkotó tereptárgyakat automatizáltan azonosítsa, valamint lehatárolja a területet (LIEDTKE és ENDER 1989). Az így előállított városmodellek térben történő vizualizációja során fog létrejönni a városmodell 3 dimenzióban (2. ábra). Az objektum felismerés területén két fő csoportot lehet megkülönböztetni, melyek a mesterséges tereptárgyak azonosításával foglalkoznak. Az első csoport az épületek felismerése, a másik pedig a felszín egyéb objektumai (fák, utak, az úthálózat) azonosítása (BALTSAVIAS et al. 2003).



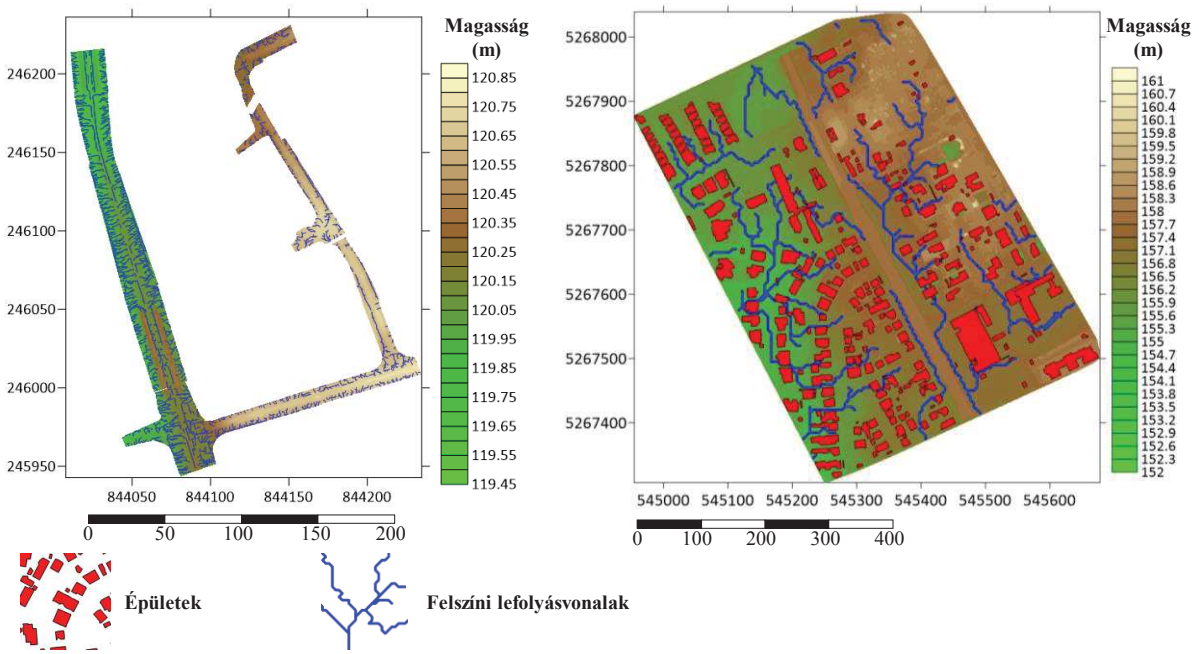
2. ábra. A pontfelhőből osztályozott objektumok (ENVI LiDAR)

A felmért adathalmazban végrehajtott további szűrésekkel megrajzolhatók az egyes tereptárgyak, pl. 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 megalkothatóak (FÖRSTNER 1991, LANG 1999).

3. ábra. Légi LiDAR adatokból származó városrészlet 3D modellje (ENVI LiDAR)

Lefolyás és összegyülekezés modellezése

A pontfelhőben történő mérések során felületvizsgálat is történt. Ennek a munkafolyamatnak a kapcsán pontfelhő kivágatokban minden, a földfelszín felett található pontot le kellett vágni a modellből. A vizsgált útszakaszon a víz az útburkolat szélén, a padkáknál folyik el javarészt és igen jól kivehető 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. Vízelfolyási térkép Debrecen belvárosában (bal) és kertvárosi területein (jobb)

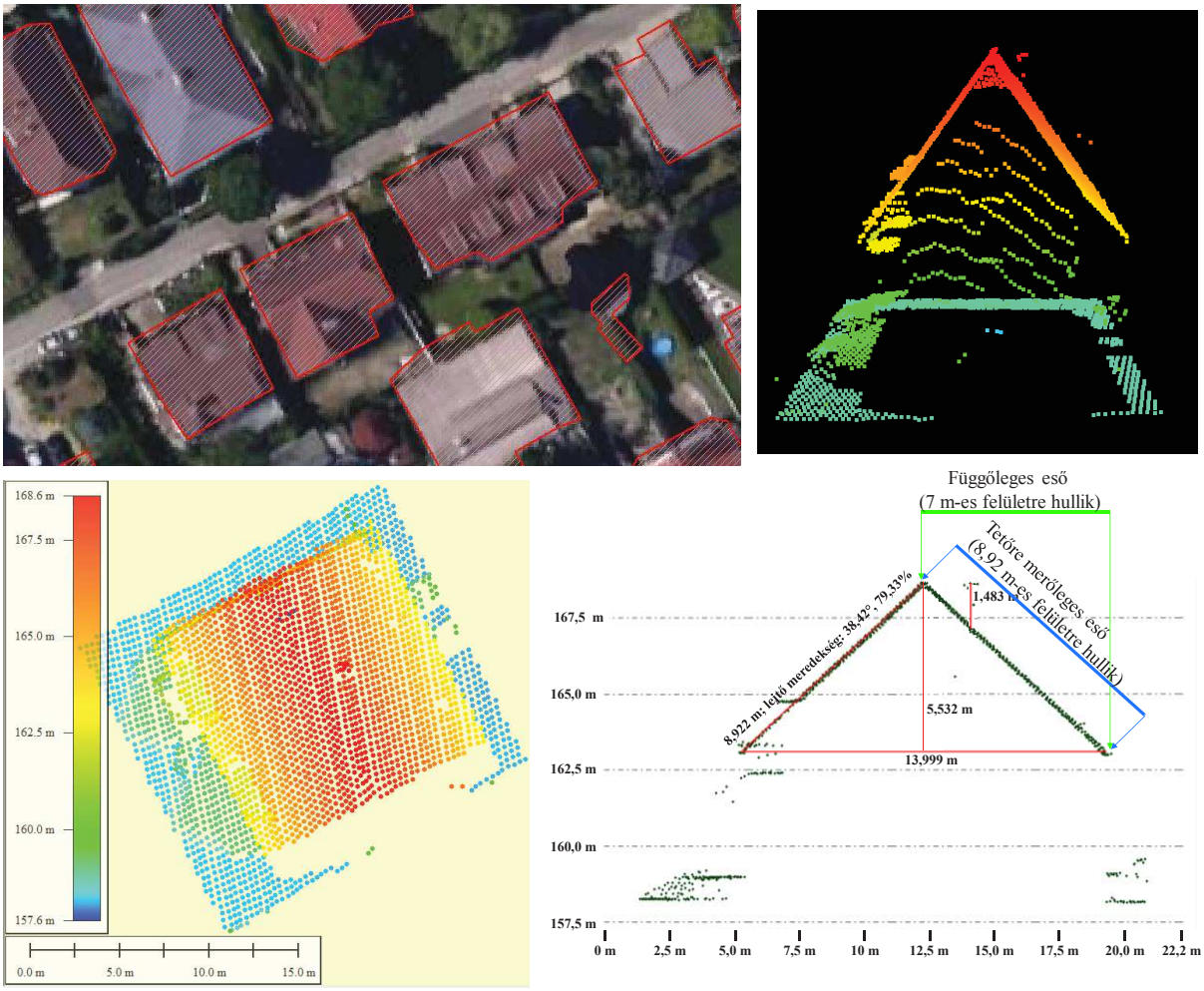
A lakott területek esetében figyelembe kell venni a beépítettség arányát, a burkolt felületek nagyságát. A burkolt felületek miatt a lefolyás mértéke nagyobb, a beszivárgás mértéke kisebb. Minél nagyobb arányú a beépítettség annál kisebb lesz a beszivárgás mennyisége (MUALEM és ASSOULINE 1996).

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 ivóvíz készletek terhére történik. Ez a fajta öntözés hosszútávon nem tartható fent. Ennek érdekében a ritkán hullott csapadékot tárolni kell, és azt megfelelő elosztásban kell kijuttatni a növényeknek. Magyarországon igen kihasználatlan az technológia, hogy a tetőkre hulló esővizet egy tárolóba vezessék, majd azt öntözésre

hasznosítsák. 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, ami a lefolyt vizet gyűjti. Jelen tanulmányban 89 lakóház tetőfelülete alapján készült el csapadékvíz hasznosítási javaslat Debrecen egy kertvárosias övezetére. A lézeres pontfelhő adatok magassági értékei alapján leválogathatóvá váltak az épületek, majd a lakóházak tetőfelszíne került meghatározásra.

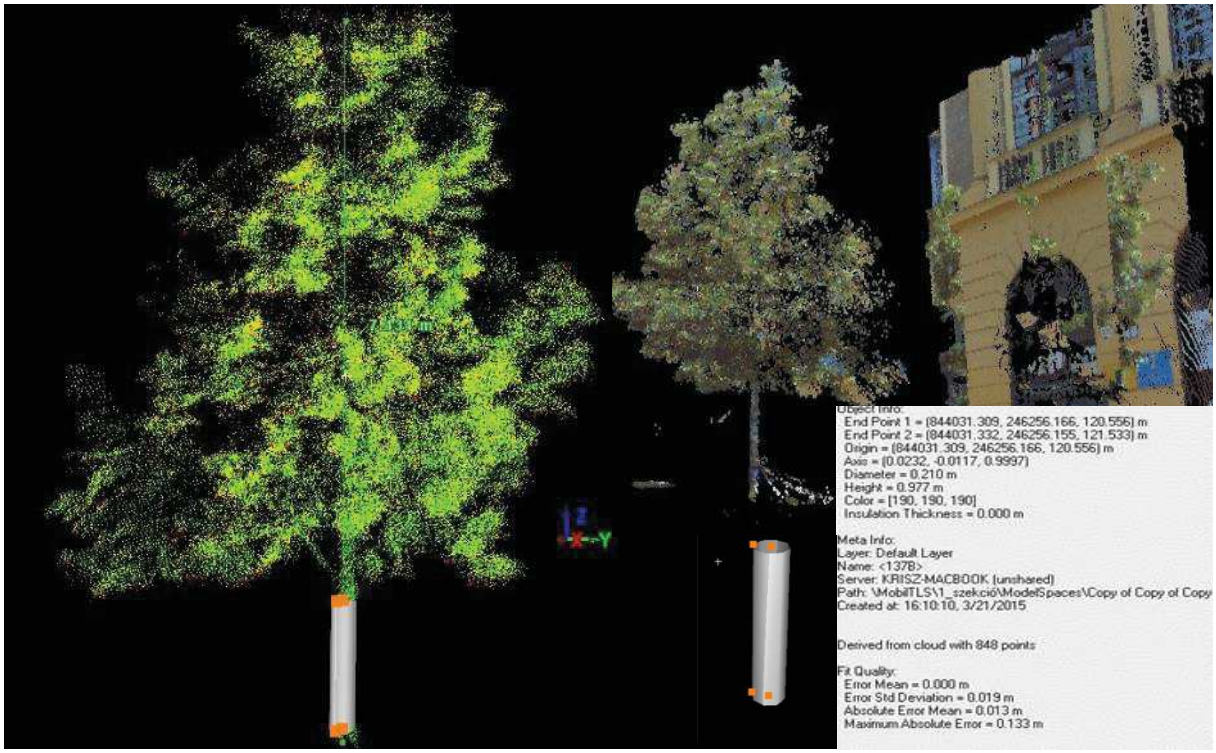


5. ábra. Tetőfelület lehatárolása és számítása

Az épületek együttes tetőfelülete 14 847 m^2 volt (átlagosan: 198 m^2/telek). A Debrecenre jellemző átlagos évi csapadékmennyiséget alapul véve meghatároztuk a 198 m^2 tetőfelület csapadék gyűjtő kapacitását, ami 112,5 m^3. Egy átlagos 4 fős család potenciális „szürke víz” és 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, pl. hány pontból épül fel a vizsgált kubatúra, mekkora az átmérője, valamint milyen hibalehetőségekkel történt mérés. Ezáltal tudunk következtetni az adott fa törzsének átmérőjére, valamint számítható a fatömeg mennyisége is.



6. ábra. Automatizált fa detektálás földi mobil lézeres adatok alapján Leica Cyclone szoftver környezetben

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 és 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 alépítményeket 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 település-hidrológiai szempontból. A vízháztartási egyenlet számos elemének a 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 ciszterna tervezési és a csapadékvíz hasznosítás értékelés számára, továbbá részletes kép kapható az épületekről, a növényzet és földfelszín tulajdonságairól is. Továbbá pontosíthatóak a lefolyási viszonyokkal kapcsolatos paraméterek (érdességi tényező, lefolyás iránya, összegyülekezés térbeli és időbeli alakulása), amelyek kiegészítő információt adhat a városi csapadékvíz elvezetéséhez is. Ez a lehetőség további pontos számításokat tesz lehetővé, melyből kiszámolható az összegyűjthető csapadékvíz mennyisége is. Ugyanakkor a képszegmentálás során figyelembe kell venni az olyan hibalehetőségeket, mint a speciális topográfia, a több utas kiterjedés, amelyek nagyban ronthatják a felmérés pontosságát.

Köszönetnyilvánítás

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 Program-ja (DTP) által társfinanszírozott JOINTISZA projekt pilot tevékenységében hasznosulnak.

Irodalomjegyzék

1. ANDA A. - BURUCS Z. - KOCSIS T. (2011): *Globális környezeti problémák és néhány társadalmi hatásuk.* Kempelen Farkas Hallgatói Információs Központ, pp. 154.
2. 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, Taylor & Francis, London, pp. 47-82. ISBN 0415260450
3. BARTELME N. (2005): *Geoinformatik: Modelle, Strukturen, Funktionen,* Springer Verlag. pp. 454. ISBN 978-3-540-27201-4
4. BARTHA G. - HAVASI I. (2011): *Térinformatikai alapismeretek.* Miskolci Egyetem Földtudományi Kar, elektronimus jegyzet (www.tankonyvtar.hu)
5. BUDAK I. et al. (2012): *Re-Processing of Point-Data from Contact and Optical +D Digitization Sensors.* Sensors 12: pp. 1100-1126.
6. BULLA M. (2008): *Környezetállapot-értékelés; Magyarország környezeti állapota, monitorozás.* Széchenyi István Egyetem, Győr pp. 436.
7. DETREKŐI Á. (2010): *Virtuális földgömbök – 3D városmodellek.* Geodézia és Kartográfia, 62 (1): pp. 6-9.
8. FÖRSTNER, W. (1999): *3D-City Models: Automatic and Semiautomatic Acquisition Methods.* Proceedings of Photogrammetric Week '99, Stuttgart, Germany, pp. 291-304.
9. LANG, F. (1999): *Geometrische und semantische Rekonstruktion von Gebäuden durch Ableitung von 3D Gebäudeecken Dissertation am Institut für Photogrammetrie*, Shaker Verlag, Reihe Informatik.
10. LIEDTKE, E. - ENDER, M. (1989): *Wissensbasierte Bildverarbeitung*, Springer-Verlag, pp. 230. ISBN-13: 978-3-540-50641-6
11. MUALEM, Y. - ASSOULINE, S. (1996): *Soil sealing, infiltration and runoff.* In. Issar, A. S., Resnick S. D. (ed.): Runoff, Infiltration and Subsurface Flow of Water in Arid and Semi-arid Regions, Water Science and Technology Library, Kluwer Academic Publishers. pp. 131-181. ISBN-13: 978-9-401-72930-7

12. RICZU P. - NAGY A. - LEHOCZKY É. - TAMÁS J. (2015): *Precision Weed Detection Using Terrestrial Laser Scanning Techniques.* Communications in soil science and plant analysis 46 (1): pp. 309-316.
13. RICZU P. - TAMÁS J. - NAGY G. - NAGY A. - FÓRIÁN T. - JANCSÓ T. (2012): *A 3D lézerszkenner kertészeti alkalmazhatósága.* Acta Agraria Debreceniensis, 4: pp. 75-79
14. SEQUEIRA, V. – NG, K. - Wolfart, E. – Gonçalves, J.G.M. - Hogg, D. (1999): *Automated reconstruction of 3D models from real environments.* ISPRS Journal for Photogrammetry and Remote Sensing (Elsevier), 54 (1): pp. 1-22.

8. Komárominé Kucsák Mónika: Városi zöldfelületek növelésének vizsgálata a villámárvízi elöntések enyhítése érdekében, konkrét példán keresztül

ABSTRACT

Nowadays flash flood is an intensive hydrological phenomen, usually causes few hours traffic in urban life. According to the appear's place could be urban or hilly, in both case the original reason is a strange meteorological phenomen but the effects are different. The appearence areas are heavily definable, could be a part of the city or a district or few hectare areas. Flash flood lasts for maximum 6 hours which causes channel overloaded because of the more than average monthly rain ammount. So it is not able to design channels for these discharges. Green surface of the city in Hungary mainly approximately values, not measured. It could be important to know before designing the rainwater drainage system. The examined area is a middle sized city, in middle north Hungary, called Vac. The district name is Deákvár, where the flash flood usually appears and separate the city into two parts. The question is the green infrastracture how can mitigate flash flood consequence, through a concrate example. This kind of solution is connect with „Blueprint" **to Safeguard Europe's Water Resources.**

1. BEVEZETÉS

Napjaink egyik intenzív hidrológiai jelensége a villámárvíz, ami pár órás fennakadást okoz a városi 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 eltérőek. A jelenség meteorológiailag egy szupercellából kialakult erős esőzés következménye, mely legfeljebb 6 órán keresztül tart, viszont ez idő alatt lehulló csapadékmennyiség esetenként egy havi átlagmennyiséget is meghaladhat. Ebből kifolyólag, az intenzitás (mm/s), az egységnyi idő alatt lehullott csapadék magassága átlagtól eltérő értéket mutat. Az érintett terület lehet egy városrész is, pár hektáros terület, nem feltétlenül jelenik meg az egész településen. Tehát nehezen lehatárolható, nem jelenik meg pontosan ugyanott még egyszer. Nyilvánvalóan erre méretezni csapadékhálózatot nem lehet.

A ***zöldfelület arány*** jelenleg a városokban saccolt arány, nem számszerűen megállapított területnagyság. Pontosabb meghatározás lenne szükséges, ahhoz, hogy megfelelően lehessen tervezni a csapadékelvezetés rendszerét.

Vizsgált település Vác városa, mely egy közepes méretű város, a Duna bal partján. 90%-ban elválasztott csatornarendszerrel rendelkező város, melynek csapadékvíz elvezetése a kertvárosias részeken nyílt árokkal, belvárosi részen csapadékvíz elvezető csatornákkal

történik. A településen, több helyen előfordul nagy csapadékjelenség, az elmúlt tíz év adatai alapján kétévente okoz a közlekedésben problémát. Vácnak Deákvárnak nevezett részén jelenik meg többnyire a villámárvíz jelensége, ami jó pár órára megakasztja az átjárást a városrészek között.

13. ábra Naszály úti aluljáró a 2016. július 28-ai esőzés után körülbelül egy órával[1] 14. ábra Telep utca[2]

A kérdés, hogy adott esetben a zöldfelület, zöld infrasturktúra növelésével mennyire lehet növelni a lefolyás időtartamát, illetve csökkenteni az elöntés mértékét. Gyakorlatilag összecseng ez a megoldási lehetőség a Blueprint – Az európai vízkészletek megőrzéséről szóló dokumentum célkitűzésinek egyikével, annak egyik megoldási lehetőségével, mely nem más, mint a *természetes vízmegtartást segítő intézkedések használatának maximalizálása (zöld infrastruktúra).*

2. ZÖLDFELÜLETEK

A 253/1997. (XII. 20.) számú kormányrendelet az Országos Településrendezési és Építési Követelményekről (továbbiakban: OTÉK) meghatározza, hogy mi a zöldfelület: „A telek zöldfelülete a teleknek a 25. § 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. paragrafusában említett 5. számú melléklet lehetővé teszi a különböző termőréteg vastagságú tetőkertek és a befuttatott homlokzatok bizonyos arányban való beszámítását, de teljes értékű, száz százalékosan beszámítható zöldfelület csak a fenti meghatározású, aláépítetlen, közvetlen altalaji kapcsolattal rendelkező zöldfelület lehet. A beszámítás kritériuma, a legalább 10 m^2 nagyságú egybefüggő tetőkert. Extenzív (8-20 cm

[1] Illó G., https://www.facebook.com/photo.php?fbid=214755918922260&set=p.214755918922260&type=3&theater

[2] http://www.vaconline.hu/esemenyek/felhoszakada s-utan-ozonviz-9.html

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.) kormány rendelet)

Jelen téma estében a **mesterséges *víztestek (vízfogók), tározóként jöhetnek számításba,*** amit a zöldfelület számításnál másként kell figyelembe venni. A helyi településrendezési tervek, településfejlesztési tervek és környezetvédelmi programok részét kell, hogy képezze a zöldfelület gazdálkodás. (Vácról e tekintetben bővebben a 4.1. fejezetben esik majd szó.) A zöldfelületi mutató megadja, a zöldfelület területének és a telek területének %-ban kifejezett mértékét.

3. NÖVEKVŐ INTENZITÁS ÉS VÍZKÉSZLETEK MEGŐRZÉSE

Összességében a csapadékmennyiség közel 6%-os csökkenést mutat, ugyanakkor az extrém csapadékjelenségek számának növekedése statisztikailag növekvő tendenciát mutat, amit Budapestre vonatkozólag a következő ábra (3. ábra) szemléltet:

15. ábra Legmagasabb csapadékösszegek évente, Budapest 1998-2017

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 2mm-t, déli területeken alig éri el az 1 mm-t. A rövid idejű intenzív mért csapadék sorok elemzése szükséges a mérnöki gyakorlatban, akár a csatornák méretezésénél, vagy egy adott csapadékesemény eróziós index számításnál. A Blueprint az EK Vízstratégia

egy dokumentuma, mely, elsősorban szabályozási változtatások révén kíván eredményt elérni a földhasználatok, a vízszennyezés (új szennyezőanyagok figyelembe vétele, pl. peszticidek, gyógyszerek, gyógyszermaradványok), a hatékony vízfelhasználás terén. Fontosnak ítéli a következő területeken végzett (pl. vízenergia, folyami hajózás, stb.) esetén a környezeti hatásvizsgálat és a stratégiai környezeti vizsgálatok fontosságát.

Vízárazás és vízszámla készítést javasol, ami azt mutatná meg, hogy egy adott vízgyűjtő területre mennyi víz folyik be, és mennyi víz távozik onnan, így a vízgazdálkodásban világosan és egyértelműen látható lenne, mennyi 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 (zöld infrastruktúra), h*atékony vizet használó berendezések az épületekben, víz újrafelhasználásának maximalizálása, az árvízkockázat csökkentése, az aszálykockázat csökkentése, jobb tudásalap, szennyezés kérdésének megoldása (Blueprint to Safeguards of Europe's Water)

4. VIZSGÁLT TERÜLET

Vác város „Deákvár" elnevezésű része, mely domboldalon fekszik. A vizsgált szakasz alsó pontja 114 mBf-en helyezkedik el, ami egy vasúti átjáró, 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, betonút, kétsávos, körülötte kertvárosias beépítésű terület, hiányos csapadékvíz elvezetéssel. A vizsgált városrész 1,77 km^2 területű.

4.1. Zöldfelület arány a vizsgált területen

A helyi építési szabályzat (Vác Város Önkormányzat 15/2003.(IV.29.) számú rendelete Vác Város Építési Szabályzatáról) 24. paragrafusa a „Beépítésre szánt területek általános előírásai"-ról 9. pontja rendelkezik a kötelező zöldfelület kialakításáról, mely 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 zöldfelület 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 kategóriában (továbbiakban: Lke) esnek, kisebb része kisvárosias (továbbiakban: Lk) beépítettségű, viszont a lakótelepek és környéke nagyvárosias beépítettségűnek (továbbiakban: Ln) számít.

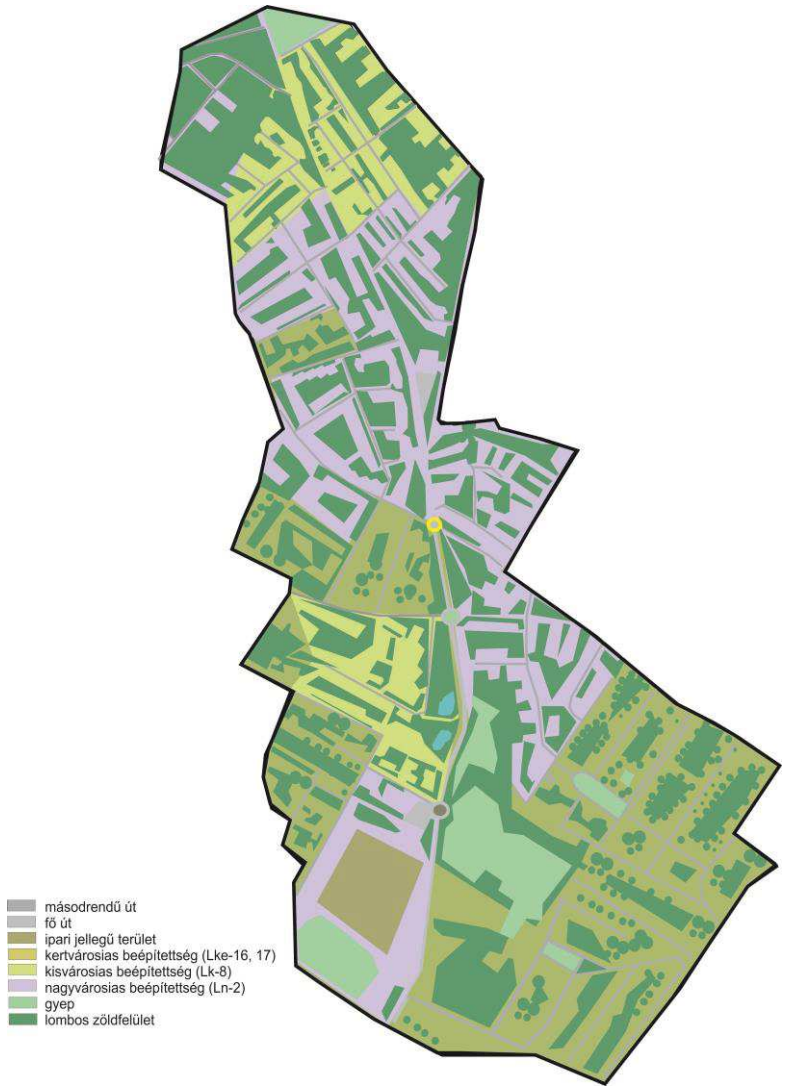
Az OTÉK alapján a *kötelező zöldfelület* (zöldfelületi minimum) számításánál teljes területi értékkel csak a növényzet telepítésére alkalmas (legalább 100 cm termőtalaj vastagságú, burkolatlan felületeket lehet figyelembe venni (ld.2. fejezet). A falra futtatott összefüggő zöldfelület 15 %-a, a mesterséges 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.) kormány rendelet)

A jelenlegi zöldfelület arány a vizsgált területen, térképi számítások alapján: 65% ami 1,15 km^2. Ebbe a zöldfelület nagyságba nem tartozik tetőkert, zöldfal, zöldtető. Tovább emeli a zöldfelület borítás mértékét a két mesterséges víztározó, melyek felszínének 70%-a adódik hozzá ehhez az értékhez. A víztározók (helyi szóhasználatban vízfogók) 1760 m^2 és 635 m^2 vízfelülettel rendelkeznek, ennek 70%-a 1676,5 m^2. A jelenlegi felmért helyzet alapján a víztározók nem működnek rendeltetésszerűen, azaz nincsenek üzemeltetve megfelelően. A mért adatok alapján a jelenlegi feliszapolódott állapotban 4,3 m mélyek a tavak, 45 fokos rézsű a mederfaluk, és a vízfelszín területe 635 m^2 és 1760 m^2. A felső tó körülbelül 30 m széles és 1760 m^2 területű, míg az alsó 27 m széles és körülbelül 635 m^2 területű, a meder érdessége 0,08, mivel bokrokkal, nádassal, gyomokkal és fákkal benőtt terület. A felső talajréteget, mely a

feliszapolódott vastagság, 1 m vastagnak feltételeztem, a szikkasztásra képes talaj vastagsága szintén 1 m. A felső tó maximális térfogata körülbelül 7020 m^3, míg az alsó tározó 2144,12 m^3 víz befogadására képes. A nem megfelelő karbantartás és mederkotrás elmaradása miatt a mederfenék feliszapolódott, ami miatt a tározók befogadóképessége is csökkent körülbelül 15 %-kal. Így a jelenlegi befogadóképessége a felső tónak 6028,33 m^3, az alsó tónak pedig körülbelül 1901,18 m^3. A karbantartás után 1200 m^3-rel több víz tározására lenne alkalmas, ezzel is csökkentve a lefolyó víz mennyiségét.

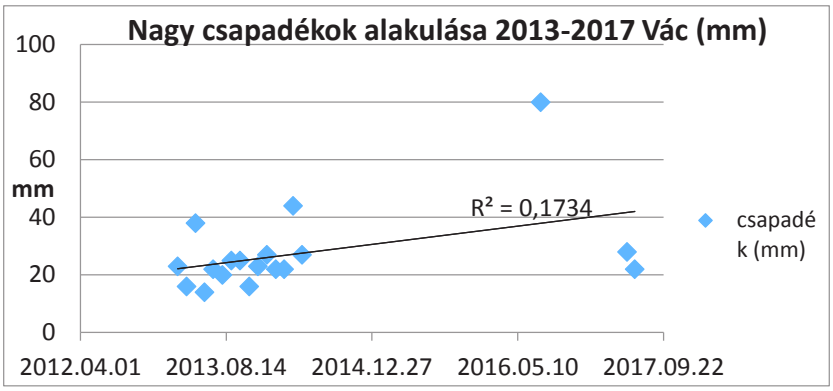


16. ábra Vác város Deákvár zöld felület arány *(saját szerkesztés 2017)*

4.2. Csapadék jellemzőinek alakulása a vizsgált területen

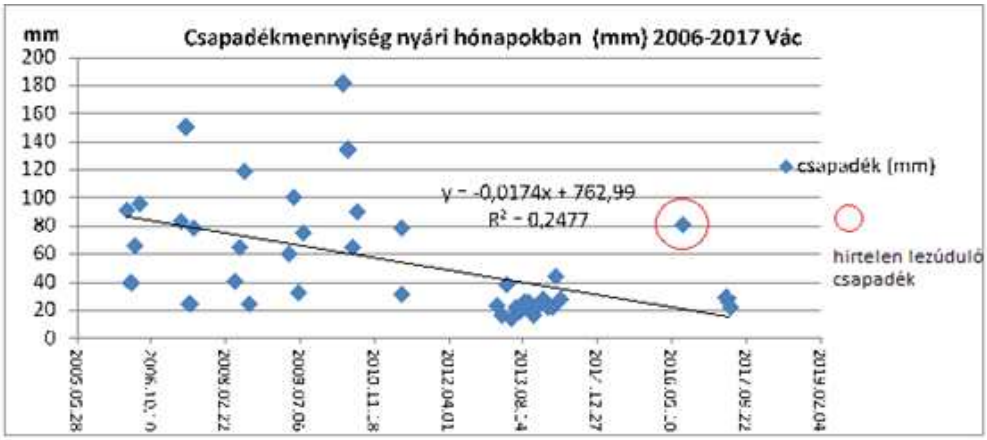
Vác város esetében is a nyáron mért csapadék adathalmazból kiemelve a napi 15 mm-nél nagyobb csapadékeseményeket, az elmúlt 5 év alatt növekvő tendencia figyelhető meg. Az

illesztett regressziós egyenes R értékéből látható, hogy a becsült adatok kevéssé illeszkednek a mért adatokhoz, tehát a teljes statisztikai biztonsággal nem bizonyítható a növekedés.



17. ábra Nagy csapadékok alakulása Vác 2013-2017 ***(saját szerkesztés 2017)***

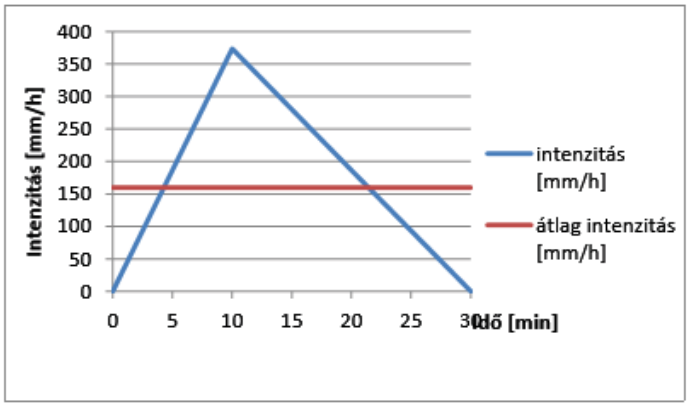
A csapadék mennyiségre vonatkozó nyári adatsorból (május-augusztus) látható, hogy a csapadék mennyisége 2006-tól 2017-ig, Vác térségében csökkenő tendenciát mutat. Ennek ellenére foglalkoznunk kel a hirtelen jött nagy csapadékeseményekkel, amennyire lehet a csapadékelvezetés tervezését adaptálnunk kell 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)



1. ábra Nyári csapadékmennyiségVác 2006-2017 *(saját szerkesztés 2017)*

4.3. Csapadékintenzitás 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 csapadékintenzitás átlagos értéke a már ismert képlet alapján 80/0,5 = 160 mm/h volt.



18. ábra Csapadékintenzitás a vizsgált időszakban

4.4. A meglévő csapadékvíz elvezető rendszer viselkedése a vizsgált időszakban

A vizsgált csapadékesemény idején bekövetkező csapadékvíz elvezető rendszer működését SWMM (Storm Water Management Model (SWMM) 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, azaz az aknában is megemelkedett a vízszint, és akár elöntés is bekövetkezhetett. Az aknákban álló víz magassága nagyrészt 1 m alatt maradt, a többi esetben maximum 5 m volt, mely 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.

4.5. A meglévő csapadékvíz elvezető rendszer viselkedése csendes eső esetén

A rendszer csendes eső esetén a következőléppen viselkedett az SWMM modell alapján: a vízmagasság sehol sem haladt meg egy 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).

4.6. 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%, ezek 5-10%-ig elfogadhatók). Az egyes vízgyűjtő területeken végbemenő lefolyás túlnyomó részt 0,5 l/s felett volt, kis részben volt 0,01 és 0,5 % között. Ezek az értékek az idő előre haladtával egyre kisebb értékek 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. 6 óra elteltével is volt olyan csőszakasz, ahol 0,01 és 1,0 m/s között volt a víz sebessége.

5. ZÖLDFELÜLET NÖVELÉS LEHETSÉGES MÓDJAI

Egy gyakorlati példán keresztül könnyebben követhető a zöld felület 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 a villámárvíz kialakulásának kockázatát.

5.1. Zöldtetők

Zöldfelület növelésére a legalkalmasabb, de nem a leghatékonyabb módszer a zöldtetők építése. A vizsgált városrészen is több négyemeletes (nem panel) lakótömb található, mely potenciális terület lehet a zöld tetők kialakítására. Ezzel a tetőkről elvezetésre kerülő csapadékvizek jelentős hányada nem a csatornába kerülne elvezetésre. Zöldtető alkalmazható a lakóparkos, lakótelepes területeken, hiszen itt jelentős lapostető felületek vannak jelen, melyekről a ráhullott csapadékvíz csaknem teljes egésze a csatornákba kerül. A zöldtető a városi zöldfelület arányba a számolt zöldtető terület 10%-a számít be. Így a 17500 m^2 zöldtető, 1750 m^2 zöldfelületként jelenne meg, emelve a nagyvárosias beépítettségű területek zöldfelület arányát, ami jelenleg 50943,3 m^2-ből 53% zöldfelület, így 28750 m^2 –re emelkedne. A zöldtetők

megépítésével a lefolyás aránya csökkenthető. A konkrét példa alapján a következőképpen alakul a lefolyás:

1.

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

19. ábra Beépítettségi területek zöldfelület aránya ***(saját szerkesztés 2017)***

A lefolyási tényező a következő képlet alapján számítható:

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

$\psi_{út,tető,zöld}$ 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, tetőfelületek és 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 állt rendelkezésre, 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 találhatók nagy tetőfelületekkel, melyeket zöldtetővé lehetne alakítani. A Deákvári főtér-Eperfa utca-Naszály út közötti területen szintén nagyfelületű lapostetős épületek állnak, ezeken is létre lehetne hozni zöldtetőt, mivel téglaépületek. A szimuláció alapján ezeken a területen az aknákban is megemelkedett a víz, így ezen aknákból való kiöntés kockázatát is csökkenteni lehet a csatornák vízhozamának csökkentésével. A modellezés már betervezett zöldtetőkkel 25 részvízgyűjtőből

18-nál jelentős csökkenést mutatott a lefolyási tényező, 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 gyep, melynek 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 vizsgáltuk 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 (Fürj utca). A kialakítást önkormányzati (állami) hozzájárulással lehetne megoldani, ugyanakkor az üzemeltetési költségek és üzemeltetési munkálatok a lakóházak közös költségét terhelné.

5.2. Esőkertek létrehozása

A zöldfelületek növelése mellett javítható a növényzet vízfelszívó képessége is. Ehhez jó megoldást nyújt az esőkert, mely a szakirodalom szerint egy sekély medence, ami be van ültetve őshonos növényekkel és fűvel (http://www.raingardennetwork.com). Először az 1990-es években alkották meg az Egyesült Államokban, ahol az alkalmazása egyre elterjedtebb. (Bray, 2012) A rendszert a területeken honos növényekkel borított vízmegtartó talajréteg, az alatta elterített kavicsos, murvás réteg és az abban elhelyezett dréncső alkotja, mely összegyűjti és elvezeti az el nem szikkadt csapadékvizet a csatornába. Fő feladata, hogy megakadályozza az esővíz csatornába való jutását, helyette a talajba vezeti azt. Az esőkertek 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 Zs., 2012) A vízelszívás és tisztítás mellett a terület élőlényei –madarai, rovarai- számára is ideális életteret biztosít és esztétikus megjelenésű is. Esőkertek kialakíthatók közterületeken, ahol fontos feladata a szennyező anyagok kiszűrése, és magánkertekben egyaránt, ahol az ereszcsatornán az esőkerthez vezetett tetővizet szikkasztja el. Fenntartása egyszerű és telepítése hosszútávon költségkímélő. Vácott több helyszínen is ki lehetne építeni esőkertet. Telkeken belül kiépítve a tetőfelületekről összegyűjtött vizeket lehetne idevezetni a csatorna helyett. Ez 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, mellyel a csatorna tehermentesítése mellett a környezetünket is óvnánk, hiszen a burkolatról összegyűjtött szennyezett csapadékvíz nem a környezetet és a csatornán keresztül a befogadót szennyezné, hanem helyben

megtisztulna és talajba jutna. A Gombási út és Naszály út mellett a burkolati vizek befogadására az út menti zöldsávok, füves zöldfelületek alkalmasak lehetnek esőkert kiépítésére. Telepíthető lenne akár kis mélységű földmedrű vagy rossz állapotú (például terméskővel) burkolt árkokba is, így az árkokban összegyűlt csapadékvíz nem a csatornát terhelné, hanem helyben történne szikkasztás. Az Újhegyi út, Deákvári főút, Radnóti út, melyekről a Naszály út felé folyik a csapadék, a kétoldali füves sávban kialakított szikkasztók csökkentenék a lefolyást, az úttestről vízzel lekerülő szennyezőanyag akkumulálása, lebontása helyben megtörténne. A lefolyást 75 %-kal csökkentené irodalmi adatok alapján. (Ekostaden Augustenborg,) Az esőkertek kialakítása nem került jelen munkában kidolgozásra, mivel a már meglévő rendszer megfelelő működésével, nem lenne szükség a kialakításukra.

5.3. Meglévő rendszer maximális kihasználása

5.3.1. Árkok karbantartása

A vízelvezetés részét képezik a nyílt árkok, melyek egy része növényzet borította medrű. Az elburjánzott növényzet miatt a csapadékvíz nehezen, tud elfolyni, a rendszer sokszor feliszapolódik a megfelelő vízsebesség hiánya miatt. A csapadékvíz elvezető árok az önkormányzat tulajdona, de karbantartását lakott területen a lakó köteles elvégezni. A Naszály út mellett két víztározó került kialakításra, mely feladata a csapadékvíz ideiglenes tározása lenne. A két „vízfogó” feliszapolódott, nagyméretű zöld vegetáció borítja.

5.3.2. Vízkormányzás

Megfelelő vízkormányzással (a víz célzott irányításával árkok, belvízcsatornák között, továbbá a vízvisszatartásával, 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, két utóbbi a Naszály útra körforgalommal kapcsolódik. A körforgalomnál két oldalt 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 árokba, mely a fent említett csapadékvíz tározókhoz kapcsolódik. A kifolyásnál egy bukóakna van. Javaslatunkra tervezik egy tolózár beépítését, hogy az ott összegyűlt csapadékvizet a nagycsapadék jelenség lefolyása után lehessen a csapadékhálózatra

terhelni. Ennek viszont csak akkor van értelme, ha csapadékvíz elvezetés megfelelően működik, és a csapadékvíz eljut a tóig. A végső befogadó a Duna.

A vizsgált időszakban a Naszály úton lefolyó víz, jelentős gondot okozott (1. ábra), 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, meg kéne növelni a vízelnyelő felületek 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 víznyelő rácsok nagyságának növelésével, hasonlóan a fent említett körforgalmakhoz D400-as terhelésű folyókák kialakításával és rendszeres karbantartással.

6. Összefoglalás

Jelen munka célja a zöldfelület növelés lehetséges módjainak vizsgálata, illetve a már meglévő infrastruktúra megfelelő használata, vízkormányzás módjainak kialakítása, mellyel 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 egy óra alatt leesett csapadékmennyiség majdnem elérte a július havi átlag csapadékmennyiség mértékét, ami 98 mm. A legfontosabb eredmény, hogy a vizsgálat során kiderült, 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 tetőfelületinek nagyságának 10%-a 1750 m^2 lenne. Ez a zöldfelület növekedés a lefolyást két értékkel alacsonyabb lefolyási tényezőre konvertálná, azaz Ln 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 a fenntarthatóbb csapadékvízgazdálkodáshoz.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Vác Város Önkormányzata. (2003). 15/2003. számú rendelet Vác Város Építési szabályzatáról. *Építési szabályzat* . Vác Város Önkormányzata.
2. 253/1997 (XII.20.) kormány rendelet. (1997). *Országos Településrendezési és Építési Követelmények* .
3. Bray, B. G. (2012). Letöltés dátuma: 2016, forrás: http://raingardens.info/wp-content/uploads/2012/07/UKRainGarden-Guide.pdf, p3.
4. *Ekostaden Augustenborg,.* (2016). Letöltés dátuma: 2016, forrás: http://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-watermanagement-in-augustenborg-malmo/augustenborg-brochure.pdf, p25, 2016.
5. Európai, Parlament. (2012). *Blueprint to Safeguards of Europe's Water.* Forrás: - Az európai vízkészletek megőrzésére irányuló terv („Blueprint”) http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/%20LexUriServ.do?uri=COM:2012:0673:FIN:HU:PDF.
6. Hiver't-Klokner Zs. (2012). *http://www.origo.hu/kornyezet/20120509-megfogja-a-varosi-aradasokat-az-esokert-olcsobb-es-kornyezetbaratabb-mint.html* . Letöltés dátuma: 2016
7. http://www.raingardennetwork.com/blog/what-is-a-rain-garden/, W. i. (2016). *http://www.raingardennetwork.com.* Letöltés dátuma: 2016, forrás: http://www.raingardennetwork.com/blog/what-is-a-rain-garden/, What is a Rain Garden?
8. Hydraulic Roughness (Manning's n) Values of Conduits and Channels (2014.). (dátum nélk.). *https://www.oregon.gov/ODOT/HWY/GEOENVIRONMENTAL/docs/Hydraulics/Hydraulics%20Manual/Chapter_08_Appendix_A.pdf, 2016., p2,8,10.*
9. Storm Water Management Model (SWMM) Version 5.1.012 with Low Impact Development Controls
10. Szolnoky Cs. (1988). *Hidrológia és áramlástan.* . Budapest, : Szent István Egyetem Ybl Miklós Műszaki Főiskolai Kar, p27.
11. UNEP. (1992). Környezet és Fejlődés Konferencia. Rio de Janeiro.

9. Karches Tamás., Mátrai Ildikó, Orgoványi Péter, Vadkerti Edit: Csapadékesemény hatása a mozgó ágyas biofilm reaktorokat alkalmazó szennyvízkezelési technológiára

Effect of Stormwater Runoff on Moving Bed Biofilm Reactors in Wastewater Treatment

Kivonat

A szennyvíztelepeken hirtelen megjelenő nagyobb hidraulikai terhelés káros hatással lehet az elfolyó vízminőségre nézve; a levegőztetett medence biomasszájának kimosódását okozhatja, az ülepítők hatékonyságát rontja. Jelen kutatás célja az eleveniszapos és a fixfilmes rendszerek csapadék okozta többletterhelésre való reagálásának vizsgálata és összehasonlítása. Számításaink anyagforgalmi modellezésen alapultak, ugyanazon befolyó szennyvízminőségből indultunk ki, és a technológia csak a biomassza reaktortéren belüli elhelyezkedésében (lebegő vagy kötött) különbözött. A szimulációk figyelembe vették a jelenség tranziens jellegét: mindkét rendszerre lökésszerűen érkezett a nagyobb vízhozam, majd a többlet-terhelést követő időszakban vizsgáltuk a biomassza regenerálódásához szükséges időt. Eredményeink alapján a fixfilmes rendszerből jóval kevesebb biomassza távozott, mint az eleveniszaposból, és ennek eredményeképpen a telep kapacitása is hamarabb helyreállt.

Kulcsszavak: anyagforgalmi modellezés, csapadék, eleveniszap, fixfilm, szennyvíztisztítás

Abstract

Extreme hydraulic load could have detrimental effect on wastewater treatment performance and thus the effluent water quality since it may cause overfloating of the biomass in aeration basin and sedimentation tanks. This paper aims to compare of the effect of stormwater runoff in suspended and attached growth systems. Simulations are based on biokinetic modelling; the two systems investigated have the same influent characteristics and layout, just the form of biomass (suspended or attached) is different. Transient simulations were used to capture the effect of the stormwater runoff on both systems and the biomass regeneration periods were also determined. As a result, after the rain event the fixed film system retained the more biomass and its regeneration period was much lower compared to activated sludge system.

Keywords: activated sludge, biokinetic modelling, fixed film, stormwater runoff, wastewater treatment

Bevezetés

A szennyvízkezelési technológiák tisztítási hatékonysága a rendelkezésre álló biomassza tömegétől függ. A biomassza elsősorban olyan mikroorganizmus csoport, mely 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, üzemeltetésében eltérnek. Ebből következően 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 (LEITAO et al. 2006). A biológiai oxigénigény és lebegőanyag terhelés ezzel szemben a csapadék intenzitással jól korrelál (MINES – LACKEY – BEHREND 2007). A többletterhelés azonban a nagyobb vízhozamnak köszönhető, vagyis a kezelendő szennyvíz koncentrációk hígulnak, egyes esetekben annyira, hogy akár szubsztrát limitálttá válhat a rendszerünk (KJØRLAUG 2013).

A fixfilmet alkalmazó szennyvízkezelési technológiák egyik széleskörben elterjedt változata az ún. mozgó ágyas biofilm reaktor (MBBR: Moving-Bed Biofilm Reactor). A hordozó töltet és a rajtuk kialakuló vékony filmréteg a reaktorteret teljesen kitölti (ØDEGAARD 2006). Ugyan a hordozó nehezen juthat ki a medencetérből, de a rajtuk kialakuló biomassza réteg leválhat, ha megváltozik az áramlás, például a nagyobb nyíróerők által.

Anyag és módszer

Számításaink anyagforgalmi, ún. biokonverziós szimulációkon alapulnak, melyek ASM2d modellt használják fel. Első lépésben a befolyó szennyvíz frakcionálása történt meg, majd a reaktorok kialakítását adtuk meg. A tranziens jelenségek követésére a bementei változók is időben változnak, a terhelés tekintetében feltételeztük a napi ingadozást.

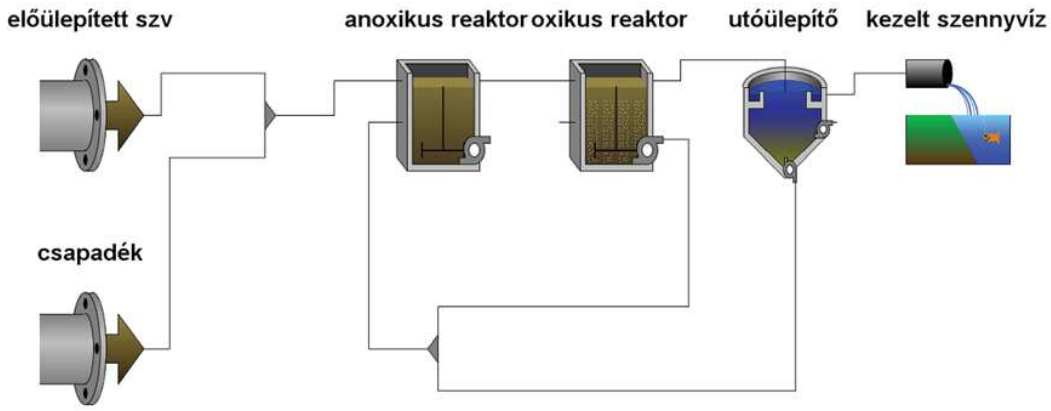
A legelterjedtebb modellcsalád az IWA munkacsoportja által megalkotott eleveniszapos modellek (ASM: Activated Sludge Model), mely jól alkalmazható fixfilmes rendszerekre is. Az alapmodellek az idők folyamán jelentősen kibővültek mintegy 50 folyamat leírására képesek. Megtörtént a modell paramétereinek 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), mely összesen 21 részfolyamatot különít el. Tartalmazza a lassan bontható szubsztrátok anaerob, anoxikus és oxikus térben való bontását, oxikus és anoxikus szaparodás folyamatait, a szervesanyagok fermentációját, a heterotróf baktériumok pusztulását, a fermentációs termékek betárolását, a polifoszfát betárolását anoxikus és oxikus körülmények között, a foszforakkumuláló baktériumok szaporodását, betárolt termékek pusztulását és bomlását, az autotróf baktériumok szaporodását, pusztulását és bomlását, a vegyszeres foszforkicsapást és a foszfor visszaoldódását.

Kutatásunkban egy eleveniszapos és egy MBBR technológiát alkalmazó 20 000 m^3/d kapacitású telepre árhullám jelleggel többlet vízhozam érkezett, és vizsgáltuk a reaktorbeli 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, melyben 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 m^3/d, óracsúcs 1125 m^3/h volt, mely a szimulációs időintervallumban folyamatosan, de a napi ingadozást figyelembe véve érkezett a telepre. A csapadék okozta többletterhelés az 5-10. napon jelentkezett, a csúcsterhelés a 7. napon volt tapasztalható, mely a telep kapacitásának 2,5-szerese volt. A kétfajta vízmennyiség egyszerű összekeverésével kaptuk a biológiára folyó szennyvizet (lásd: 1. ábra). A technológia elődenitrifikációt alkalmazó ún. MLE technológia, mely 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 m^3, az oxikusé 8600

m^3. Az utóülepítő működésének leírására a Takács-féle 1D-s ülepedési modellt alkalmaztuk (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 m^3 hordozó térfogat/m^3 reaktortérfogat.



1. ábra: Az eleveniszapos technológia folyamatmodellje

A numerikus modell számára előülepített szennyvíz minőségét adtuk meg, melyet frakciókra bontottunk. A kémiai oxigénigényt (KOI) oldható és partikulált frakciókra osztottuk, melyeken 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, mely magában foglalja az utakról való szennyező lemosódás átlagosnak tekinthető értékét (MCMAHAN 2006). A komponensek relatív viszonyából látszik, hogy viszonylag magas a lebegőanyagtartalom, és ugyan csak kis koncentrációban, de jelen vannak a N és P-formák.

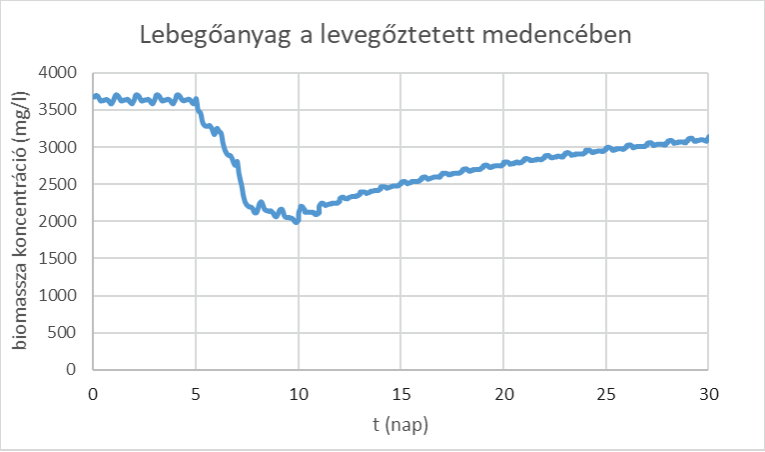
1. táblázat: A szennyvíz és csapadék minőségi paraméterei

	Előülepített szennyvíz	Csapadék
Kémiai oxigénigény (KOI) mg/l	375	30
Oldható inert KOI (S_i) mg/l	35	2,2
Könnyen felvehető KOI (S_s) mg/l	140	3,3
Partikulált inert KOI (X_i) mg/l	80	9,8
Lassan bontható KOI (X_s) mg/l	120	14,7

Biológiai oxigénigény (BOI_5) 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

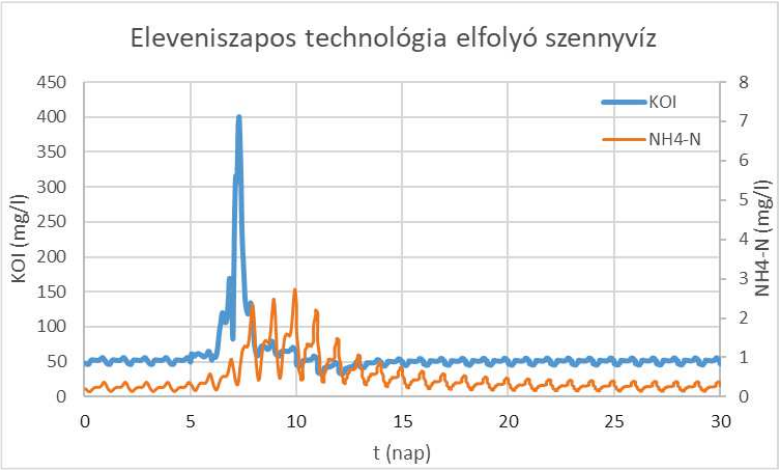
Eredmények

Az eleveniszapos rendszerben a szárazidei lebegtetett biomassza (MLSS) koncentrációja 3,6 g/l, viszonylag hosszú aerob iszapkor alakul ki (12 nap), melynek segítségével teljes nitrifikációra számíthatunk. A többlet vízhozam megjelenésével azonban az MLSS meredeken csökkenni kezd, mely a 8. szimulációs napig tart. A 8-11. nap között még mindig jelen van a többlet hozam, 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).



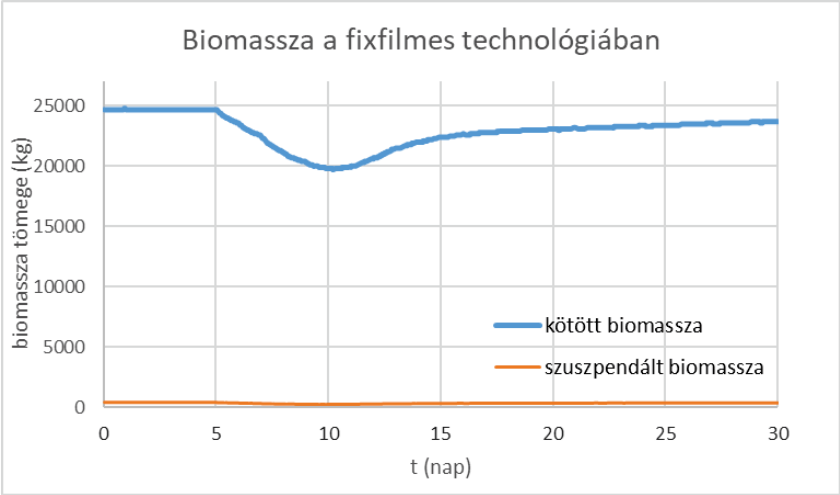
2. ábra: Lebegőanyag változása az oxikus medencében

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 visszaállás is késleltetett (3. ábra). Ennek oka a nitrifikáció lassabb folyamatsebessége.



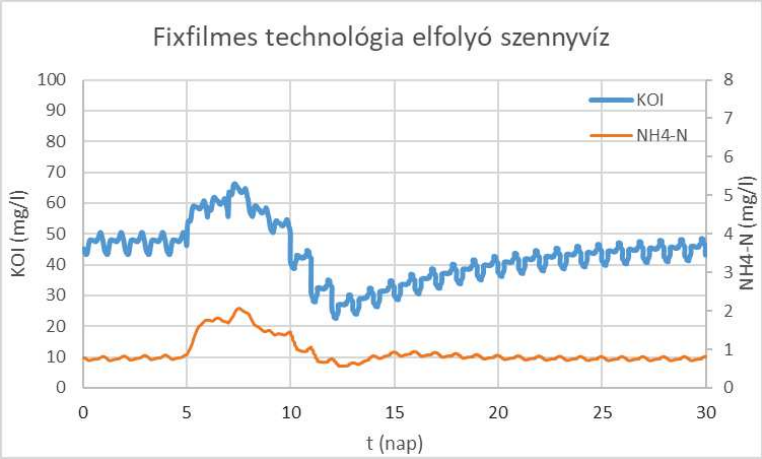
3. ábra: A kezelt szennyvíz KOI és NH_4-N koncentrációjának alakulása eleveniszapos rendszerben

Fixfilmes rendszer esetében ugyanúgy megfigyelhető a biomassza kimosódása. A 4. ábra mutatja a biofilm hordozóhoz kötött biomassza mennyiséget, mely szárazidőben 25 000 kg, és a lebegőanyag tartalmat, mely jóval kisebb, mindösszesen 400 kg a teljes reaktorban. Az eleveniszapos rendszerhez képest a kimosódás nem olyan élesen jelenik meg, a legkisebb biomassza mennyiséget a 10. napon tapasztalhatjuk (4. ábra). A 2. és 4. ábra összevetésével látható, hogy a kötött biomassza a napi ingadozásra kevésbe érzékeny, mint az eleveniszapos rendszernél, ezenfelül, csapadékos idő végeztével hamarabb regenerálódik a biomassza: már a 15. szimulációs napon eléri a kötött biomassza tömege a kezdeti érték 90%-át.



4. ábra: Biomassza tömegének változása a fixfilmes technológiában

A két vizsgált rendszer közel azonosan teljesít szárazidőben az elfolyó vízminőség tekintetében (KOI = 50 mg/l, NH_4-N < 1 mg/l), de a fixfilmes rendszer esetében a többlet vízhozam csak másfélszeres elfolyó KOI koncentrációt eredményezett és az ammónium-nitrogén csúcs is alacsonyabbra adódott (5. ábra).



5. ábra: A kezelt szennyvíz KOI és NH_4-N koncentrációjának alakulása fixfilmes rendszerben

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

1. HENZE, M. – GRADY, C.P.L. – GUJER, W. – MARAIS, G.V.R. – MATSUOU, T. (1987): Activated sludge model No. 1. *IAWPRC Scientficic and Technical Report* No.3. London: IAWPRC.
2. HENZE, M. – GUJER, W. – MINO, T. – MATSUO, T. – WENTZEL, M.C. – MARAIS, G.V.R. (1995): Activated sludge model No. 2. *IAWQ Scientific and Technical Report* No.3. London: IAWQ.
3. KJØRLAUG, Oda Marie (2013): Assessment of biomass functionalities in a biofilm membrane bioreactor (BF-MBR) targeting biological nutrient removal. Norwegian University of Science and Technology Department of Biotechnology.
4. LEITAO, Renato Carrhá – VAN HAANDEL, Adrianus Cornelius – ZEEMAN, Grietje – LETTINGA, Gatze (2006): The effects of operational and environmental variations on anaerobic wastewater treatment systems: A review. *Bioresource Technology*, 97, 1105–1118.
5. MCMAHAN, Erin K. (2006): Impacts of Rainfall Events on Wastewater Treatment Processes. Graduate Theses and Dissertations, University of South Florida.
6. MINES, Jr. Richard O. – LACKEY, W. Laura – BEHREND, H. Glen (2007): The Impact of Rainfall on Flows and Loadings at Georgia's Wastewater Treatment Plants. *Water Air Soil Pollut*, 179, 135-137.
7. ØDEGAARD, H. (2006): Innovations in wastewater treatment:–the moving bed biofilm process. *Water Science and Technology*, 53(9), 17-33.
8. O'NEILL, James A. (2010): Climate Change's Impact on the Design of Water, Wastewater, and Stormwater Infrastructure. 30th Hydrology Days, Colorado State University.
9. STANIA, K. – MOSTLER, G. – SCHAFER, E. – HABERL. R. (1994): Numeric Modelling in Design and Operation of Wastewater Treatment Plants. *Computers Chem. Eng,* 18, 707-712.
10. TAKÁCS, I. – PATRY, G. G. – NOLASCO, D. (1991): A dynamic model of the clarification-thickening process. *Water Research*, 25(10), 1263-1271.

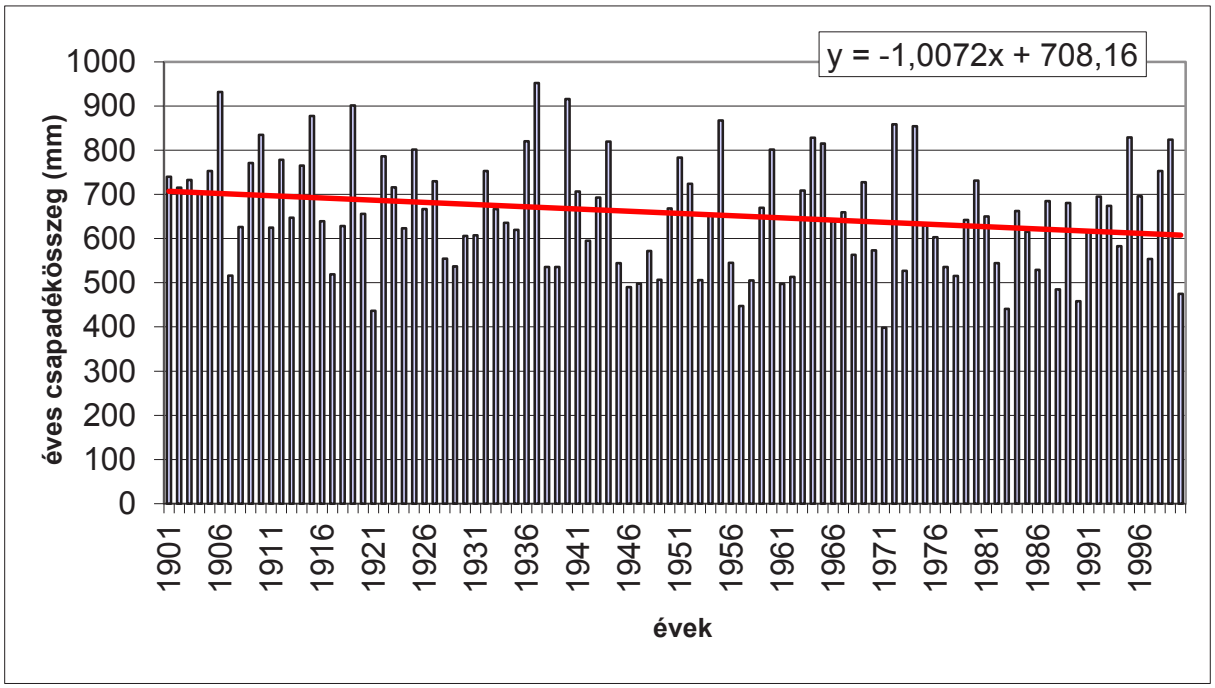
10. Puskás Tibor: Szélsőséges időjárási események hatása a pécsi víz- és szennyvízszolgáltatásra konkrét esetek alapján

1. A klímaváltozás főbb pécsi vonatkozásai

1.1. 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 kijelentette, hogy magyarországi átlaghőmérséklet növekedése majdnem másfélszer gyorsabb a globális klímaváltozás átlagos mértékénél. Európában Magyarország jelentősen veszélyeztetett a csapadékmennyiség csökkenésének szempontjából is [2, 3]. 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, melyet az alábbi ábra mutat be [2]:



20. ábra: Éves csapadékösszeg alakulása 1898-tól Pécsen [4]

Az éves csapadékösszeg csökkenése ellenére a nagycsapadékok gyakorisága és intenzitása nő, mely a szárazodási problémákat tetézve villámárvizeket okoz a településen. A klímaváltozás erős hatásai miatt elemi érdekünk a felkészülés és alkalmazkodás a vízgazdálkodás területén. A város ivóvíz ellátásának egy nagy hányada karszt vízbázisra települt, melyre a jövőben a klímaváltozás szárazodási tendenciái ki fognak hatni, ez közvetve a rétegvíz bázisainkra is igaz.

Ezért az ivóvízzel való takarékosság a város elemi érdeke. A szárazodás dinamikája azt is egyértelműsíti, hogy a csapadékvizek helyben tartása, tározása és hasznosítása elengedhetetlen lesz a jövőben. A villámárvizek egyre nagyobb intenzitása és gyakorisága már napjainkban is egyértelműen kifejti hatásait, így az erre való felkészülés már megkezdődött a városban [5]".

1.2. 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 [8].

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 az beépített felületek jelentősen megváltoztatják a lefolyási feltételeket. A városi területek burkolatai megakadályozzák a csapadékvíz elszivárgását, jelentős mértékben megnövelve 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 [8].

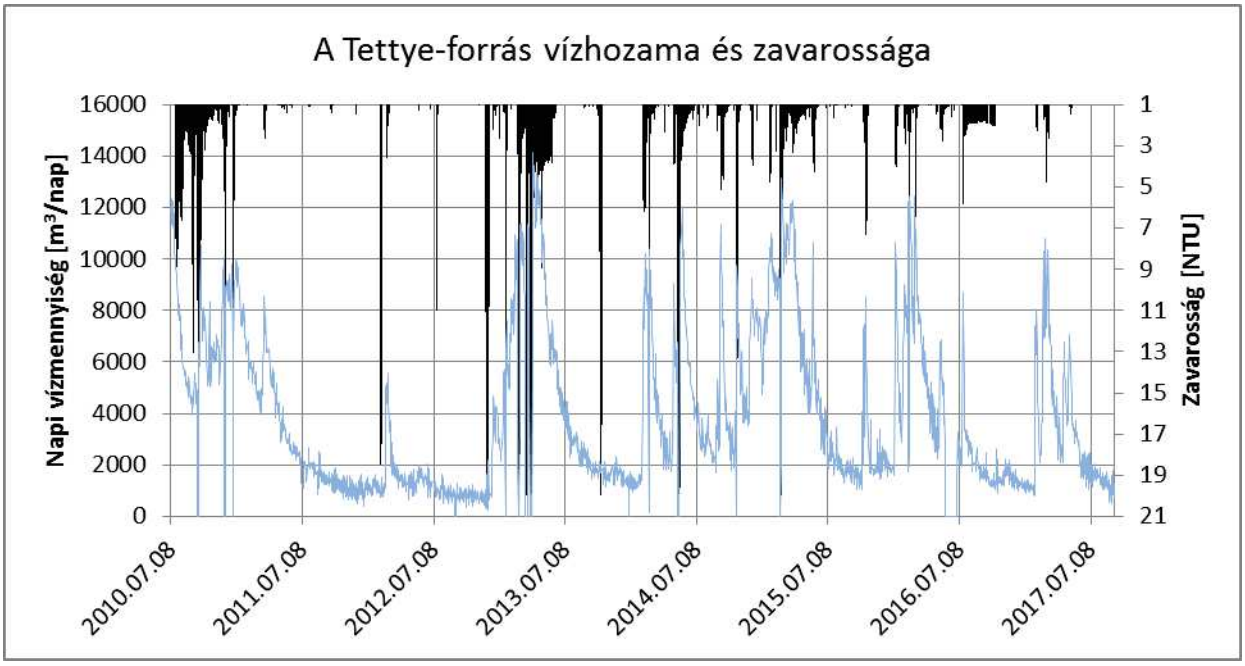
A szennyvízrendszertől elválasztott csapadékcsatorna rendszer kiépítése Pécs városias területein befejeződött, ezáltal az intenzív csapadékesemények során csak az illegális bevezetések szállítanak nagymennyiségű többlet csapadékvizet a szennyvízelvezető és kezelő rendszerekbe, melyek esetén továbbra is fennáll az esetleges kapacitáshiányból eredő szennyvízelöntés veszélye. A szennyvízelvezető rendszerekbe kerülő változó mennyiségű csapadékvíz jelentősen próbára teszi a szennyvízkezelés hatásfokát is, miközben a csökkenő vízdíjak mellett a városi lakosság nincs teljes mértékben tudatában a szennyvíz elszállításának és tisztításának tényleges költségeivel. És bár 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, amikor a legintenzívebb esőzések jellemzőek, melyek kialakulása feltételezhetően részben a klímaváltozás hatásainak tulajdonítható [8].

2. A klímaváltozás pécsi víz- és szennyvízszolgáltatásra gyakorolt hatásai

2.1. Szeszélyesebb karsztvíz utánpótlás: 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 repedés rendszer. Ezen az üregrendszeren a víz gyorsan, és nagy tömegben képes keresztül haladni minden szűrőhatás mellőzésével.” [7]



2. ábra: a Tettye-forrás és a karsztakna havi átlaghozamai és a forrás zavarossága

Az erősen ingadozó vízhozamú Tettye-forrás városi vízellátáshoz való hozzájárulása alacsony vízhozamok idején akár 6 % alá is süllyedhet, míg a kiugróan magas vízhozamok gyors felfutásai és visszaesései, valamint az ennek során jelentkező vízzavarosodások gyakran napi szintű vízkormányzási beavatkozásokat tesznek szükségessé, hirtelen átmenetekkel akár 12 000 m^3/nappal változtatva meg a vízbetáplálás forráselosztását. Ennek egyik legfőbb járulékos

következménye az egyes alrendszerek változó terhelése, melynek hatásaira jó példa lehet a 2013. márciusában a pellérdi kútgyűjtő hálózat egyik főgyűjtőjén bekövetkezett sorozatos csőtörés, mely épp a tettyei kizárások következtében megugró, ill. visszaeső rétegvíz igényekkel párhuzamosan, csaknem havária helyzetet eredményezve jelentkezett.

2.2. A csatornahálózat, szennyvíztelep kiugró csapadékterhelései

A szennyvízhálózatba jutó „idegenvizek" felesleges többletterhelést, és egyben többletköltségeket okoznak mind a gyűjtőhálózat mind pedig a szennyvízkezelés számára. Pécsett 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 szennyvíz elvezető rendszerekbe. A felszínen jelentkező rövid összegyülekezési idejű árhullámokhoz hasonlóan a csatornarendszerek árhullámai is jelentős károkat okozhatnak, mely hatások szintén főként a felszínen jelennek meg. A lakosság ezt – szélsőséges esetben – a szennyvízátemelők kiöntése, pontosabban szennyvízzel kevert csapadékvíz általi elöntések, illetve a szennyvíz vizesblokkok felé történő visszatorlódása, 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 késztetheti az ott lakókat, hogy – jobb híján – a szennyvíz elvezető rendszerbe kössék be egyedi csapadékelvezető lefolyóikat, melyre sok esetben a terület nagymértékű tagoltsága, a megfelelő csapadékelvezető infrastruktúrák hiánya is ösztönözhet. Sok esetben a csapadékcsatornával 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 csapadékcsatornákba kerülnek, azonban az udvari (másik tetőszárny) vizeit a könnyebb csatlakoztathatóság következtében a belső szennyvízhálózatra kötik rá – illegálisan.

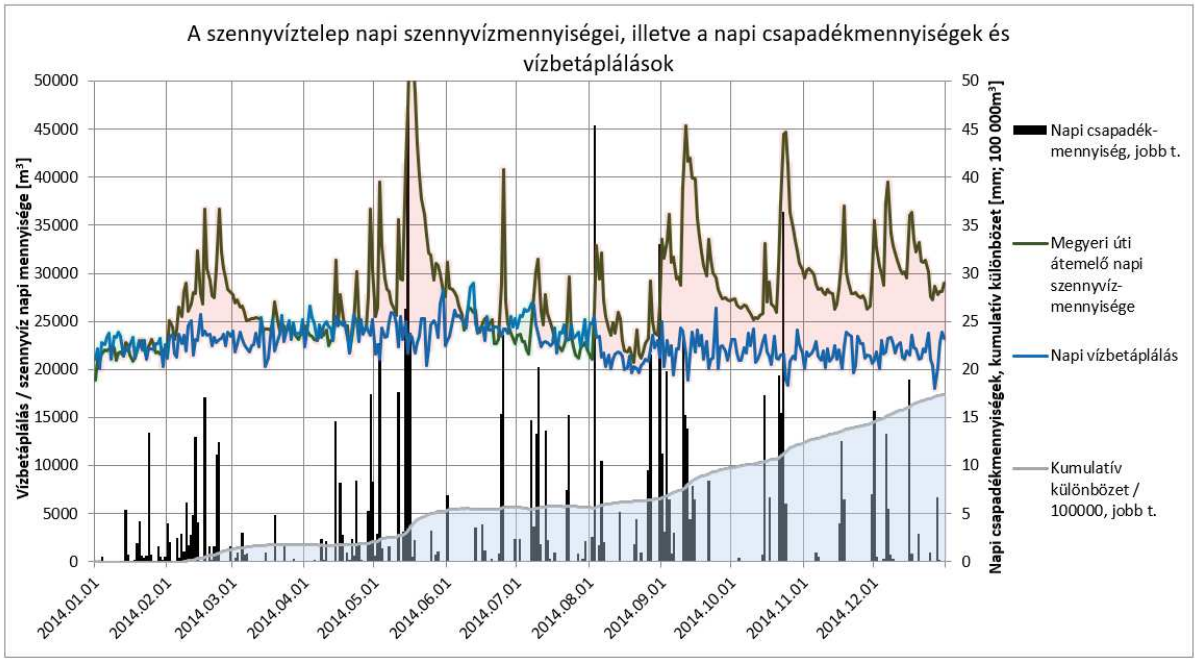
A csatornák kiugró csapadékterhelése többek között a hidrosztatikus nyomás, a szilárdanyag tartalom, az energiaszükséglet és ezáltal az üzemelési költségek megnövekedését eredményezi, szélsőséges esetben pedig a túlterhelt szennyvízcsatornák, átemelők, fogyasztói ingatlanok vizesblokkjainak kiöntése is bekövetkezhet, mely – 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 síkosság mentesítő szerek, útburkolatokról eredő olajszármazékok bemosódását, a szűrőrácsok eltömődését, a szennyvíz hőmérsékletének hirtelen változását, a biológiai reaktorok túlterhelődését és a tisztítási hatásfok 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 mindeddig 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 nagy mértékben 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, melynek értelmében a településeken kiépülő szennyvízmérők szerinti többlet mennyiségek meghatározott feltételek alapján kiszámlázásra kerülnek, ezzel szabályozói szinten is tovább ösztönözve az illegális csapadék bevezetések 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, melynek 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 szennyvíz mennyiségek közötti kumulatív különbözet. Jól látható, hogy év végére jelentős, mintegy 1 700 000 m^3 kumulált különbözet alakult ki, vagyis ennyivel több szennyvizet kellett átemelni, tisztítani és kezelni, mint amennyi ivóvíz betáplálásra került az ellátó hálózatba.



3. ábra: a vízbetáplálás, valamint a szennyvíz- és csapadék mennyiségek napi értékei. A betáplált vízmennyiség és a keletkező szennyvíz mennyisége közötti különbséget a zöld és piros területek mutatják (zöld = betáplált ivóvíznél kevesebb beérkező szennyvíz)

3. 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 lehessen levezetni a kapacitásokon felüli többletterhelést.

A kiömlött szennyvízmennyiség egy magánszemély közeli termőterületében jelentős kárt okozott, melynek 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.

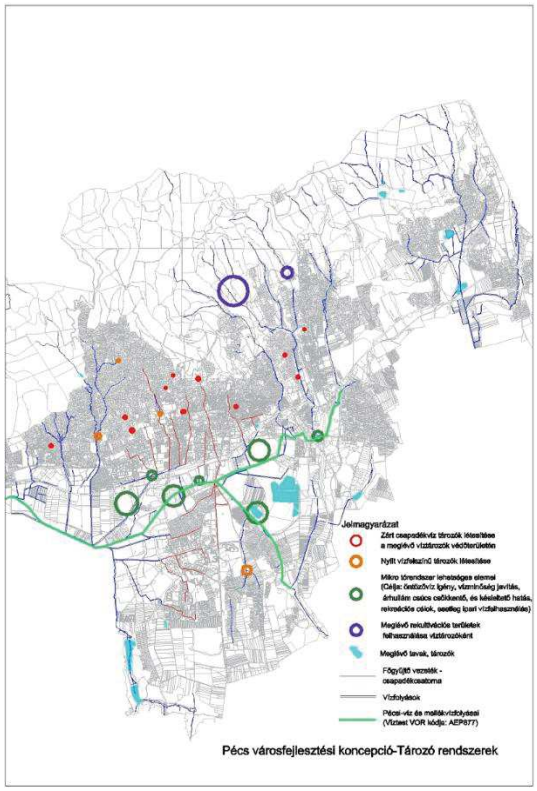
4. Fejlesztési lehetőségek, megtett intézkedések

„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 m^2 újonnan engedélyezett beépített terület után legalább 0,6 m^3 csapadékvíz-tározókapacitást kell létesíteni." A Szabályzat idézett pontja a meglévő csapadékvíz elvezető rendszer terhelésének mérséklése mellett az ingatlantulajdonosokat ösztönzi a csapadékvíz nagyobb mértékű felhasználásra 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. Városunk 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. 2017. január-augusztus időszakot figyelembe véve 50 ingatlannál 680 m^3 tározókapacitás épült meg, melyből a vizet a tulajdonosok öntözésre fogják használni. Az így hasznosításra kerülő csapadékvizek nem terhelik sem a szennyvízcsatorna/szennyvíztisztító, sem a csapadékvíz csatornarendszereket" [2]. A városi cégek tervei között szerepel egy villámárvizek monitoringját és megelőzését szolgáló rendszer létrehozása, melynek mérési eredményei alapján nagyobb hatékonysággal lehet kidolgozni a Pécsi-víz villámárvizekkel szembeni védelmét, további csapadékfőgyűjtők és csapadékgyűjtő rendszerek telepítését. A Pécsi-víz menti területek lehetővé teszik tórendszerek kialakítását, melyek vízvisszatartási kapacitásának köszönhetően csökkenthetőek lesznek a villámárvizek vízhozamcsúcsai, hozzájárulva egyben a vízfolyás vízminőségének javulásához, 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, mely szintén hozzájárulhat a klímaváltozás hatásainak enyhítéséhez és az ivóvizes 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 csapadékcsatorna 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, melynek 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 küszöbszintjéből, valamint abból a tényből eredően, hogy ennek forrása közvetlenül a forrásfoglalás üregrendszere, a forráshoz viszonyítva lényegesen kiegyenlítettebb vízjárást várhatunk a mérések során.

Az 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.



4. ábra: Pécs városfejlesztési koncepciója a tározórendszerek kialakítására és a vízműves ivóvíz tározók védőterületeinek hasznosítására vonatkozóan. Forrás: BIOKOM.

5. 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 mindeddig 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 iránynak 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, mely a fentiektől 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 nagy mértékben javíthatja mind a csapadékvíz gazdálkodás, mind pedig a víziközművi üzemelés hatékonyságát, és egyben elősegítheti az egyes víztestek jó ökológiai és kémiai állapotának elérését.**

Irodalomjegyzék

1. http://pecsivarosfejlesztes.hu/hu/projekt/45/pecs-helyi-es-tersegi-jelentosegu-vizvedelmi-rendszerek-fejlesztese
2. Pécs MJV Integrált Településfejlesztési Stratégiája 2014-2020
3. (http://hu.wikipedia.org/wiki/Glob%C3%A1lis_felmeleged%C3%A9s#Magyarorsz.C3.A1g)
4. OMSZ adatszolgáltatás
5. TETTYE Forrásház Zrt.: European Green Capital Award 2014 – Water Management
6. Czigány, Sz., Pirkhoffer, E., Balassa, B., Bugya, T., Bötkös, T., Gyenizse, P., Nagyváradi, L., Lóczy, D. & Geresdi, I. (2010) Villámárvíz, mint természeti veszélyforrás a Dél-Dunántúlon. Földrajzi Közlemények 134(3):281-298.
7. ENVICOM (2003). Üzemelő, sérülékeny földtani környezetben levő ivóvízbázisok biztonságba helyezése. I. Diagnosztikai fázis. Pécs Tettye Vízmű területén. Tervismertetés. ENVICOM Kft., Budapest. 22 p.
8. Ronczyk L., Czigány Sz., Horváth M., Lóczy D. (2015) Urban stormwater runoff and pressure on the sewerage system in Pécs, Southwest-Hungary. In: City Safety Energy, Issue 1, 2015

11. Ámon Gergely Települési vízrendszerek tervezése modellezéssel

Model based planning of settlements' rainwater systems

Kivonat:

A közelmúlt csapadékeseményei, a villámár jelenségének egyre gyakoribb előfordulása a települési vízgazdálkodásban egyre komolyabb feladatokat teremt. A lokális vízkárok kezelésén túl teljes települések vízelvezetési koncepciója szorul felülvizsgálatra és átépítésre, legyen ennek oka üzemeltetési hiányosság, vagy elavult rendszer. Ugyanakkor a jövőbeli események gyakoriság és intenzitás szempontjából bizonytalansággal terheltek, ezért műszakilag megfelelő, és gazdaságilag optimális rendszerek kiépítése körültekintést igényel.

A numerikus modellek bevonásával a tervezés kiterjeszthető egy teljes rendszer átfogó vizsgálatává, amelybe modellkapcsolatok útján a legrészletesebb vizsgálatok integrálhatóak, lehetővé téve ezzel a tervezési terület szcenáriók alapján történő megközelítését, továbbá megadva annak lehetőségét, hogy a jövőben a tervezéshez használt modellek fejleszthetők legyenek, teret adva az üzemeltetési problémák, illetve a települési fejlődés hatásainak vizsgálatára.

Alábbi írás fejezetei önmagukban hosszan fejtegethetőek lennének, ezért itt most áttekintő jelleggel a modellkapcsolatok felépítése és bemutatása kerül terítékre.

Kulcsszavak: modell, tervezés, vízgyűjtőmodell, csapadék, hidrodinamika

Abstract:

The extreme precipitations of the last few years, the more frequent flash floods indicates a more serious task in settlement areas. Through local water damage prevention there's a need to revise and rebuild whole concepts of settlements' drainage systems, caused by either operational flaws or the outworn state of the system. Besides the probable events according to incidence and intensity are accused by obscureness, that's why finding the technically correct and economically optimal solutions need to be done with foresight.

By adding numerical models to the planning process, it could be expand to a survey of a whole system, where by building connected models the most detailed processes could be created and integrated into the model of a settlement, making it possible to study the planning area through scenarios. It'll make it possible to use models designed formerly for planning to be upgrade in the future to be able to handle the growth of a settlement and the problems around operational works.

After all each of the chapters of this publication could've been discussed for some length in an own document so here will be a review presented about how to build and connect models.

Keywords: modelling, planning, basin model, precipitation, hydrodynamics

Csapadékhelyzet az elmúlt években, modellezés szerepe

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

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

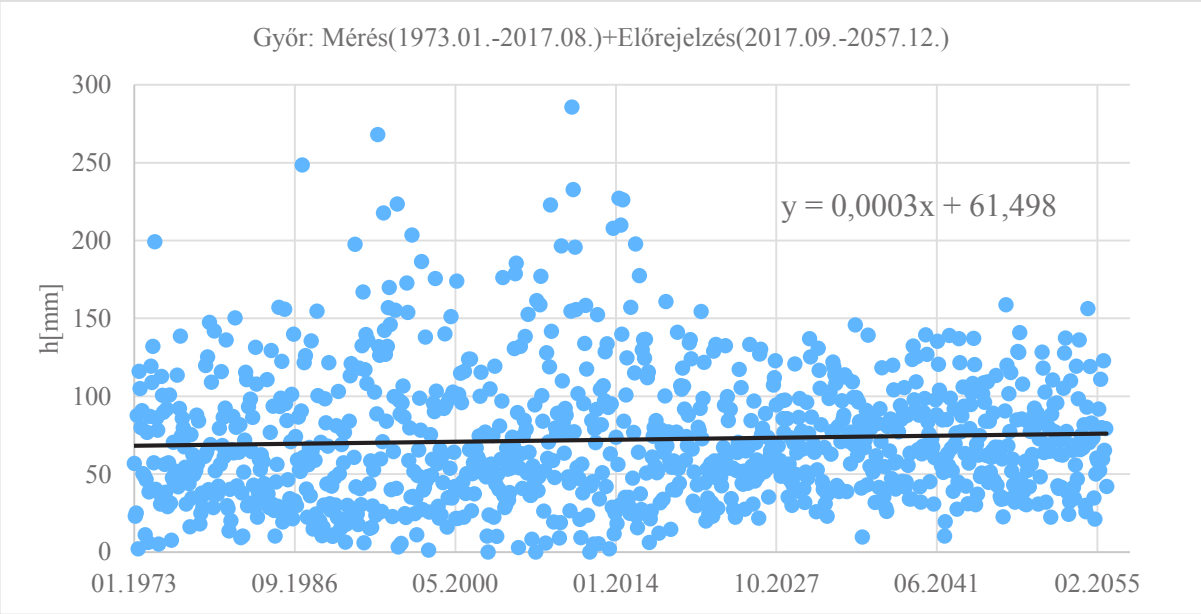
A modellezés ilyen helyzetben tágabb látóteret ad a tervezőnek, kapcsolt modellek használatával pedig dinamikusabb vizsgálati lehetőségeket. Kézenfekvő példának tekinthető olyan kisebb települések vízgyűjtő rendszere, ahol nagy esésű külső vízgyűjtők terhelése hozzáadódik a beépített területeken képződő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

A felépítendő kapcsolt modellek, azaz vízgyűjtőmodelleken mért vagy képzett csapadékidősorok által kifolyáshoz generált hozamidősorok felhasználása település csapadékvíz hálózatának hidrodinamikai modelljében, a szcenáriók elemzését hatékonyabbá teszi. Szcenáriók elemzése különösen fontos, projekt méretétől függetlenül, mert a '70-es években létrehozott csapadékmaximum függvények megbízhatósága megkérdőjelezhető.

A BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékén az 1-3 órás csapadékok vizsgálatánál az ország különböző pontjain eltérő változásokat (*Varga L., Buzás K., Honti M, 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 más szemléletet is igényel. Például egy többcélú tározó tervezésekor a havi csapadékösszeg alakulása milyen képet mutat. Alább Győr térségében az 1975-2016 közötti időszak órás adatsorából képzett havi adatok egylépéses autoregressziv modellel készült előrejelzése 40 éves időtartamon az alábbi képet mutatja (*1. ábra*, adat*forrás: NOAA adatbázis*):



21. ábra: Győri mérce havi csapadékadataiból előrejelzett egylépéses autoregressziós (AR(1)) idősor és trendje

Látható, hogy 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 adott projektnek nagyobb figyelmet kell szentelni annak, mikor, milyen időtartamú csapadék hatása kerül alkalmazásra a tervezésnél a vízgazdákodási szempontok szélesebb skálájának megfogalmazásával. A Tanszéki vizsgálattal szemben a fenti előrejelzés csak jelzés

értékű, 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, ha a műszaki és gazdaságossági szempontok összehangolásáról van szó. Tehát hirtelen terhelést kapó vízelvezető rendszernél domináló rövid időtartamok vizsgálatánál az elmúlt években egyértelműen a kisebb gyakoriság felé kellett a tervezésben mozdulni, míg – 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, illetve az események egymást követő előfordulására milyen eséllyel kell számítani, szemben a hosszabb időlépték mentén képződő víztérfogat várhatóan 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 szcenáriók vizsgálatára, továbbá a jövőbeli opciók, adott esetben a meteorológiai helyzet romlásának hatásainak nyomon követésére és elemzésére adott területeken.

Kapcsolt modellek felépítésének áttekintése

Kisebb települések modelljének vizsgálata jól áttekinthető képet ad kapcsolt szimulációk alkalmazására.

A kisebb településeket általában 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, vízrajzi adatok, ha fellelhetőek, 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 már tervezési állapothoz megbízható idősorokat képes generálni.

Tehát első lépésben a kül-, és belterületi vízgyűjtők modelljének felvétele szolgáltat 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 (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.

Vízgyűjtőmodellek kialakítása

A víz útja szempontjából kockázatos helyek megállapításához elengedhetetlen egy megfelelő pontosságú geometriai alap a külső vízgyűjtőkön. Az egyes lefolyási vonalakból kiadható az adott helyeken tapasztaltakkal összhangban lévő kockázatos pontok elhelyezkedése, illetve feltárhatóak a távlati kockázatos helyek. Amennyiben ez adottság a tervezési projekt kezdetén, 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 talaj felső rétegében való tározás komponenseinek felvételére egy részvízgyűjtőn adott térképek alapján felvett 1-1 érték (változatos talajfajták és területhasználat esetén azok területi eloszlása és geometriai elhelyezkedése alapján súlyozott átlagolásos) használata megfelelő. Tervezésnél szélső állapot felvételével kell számolni, adott esetben ismétlődő csapadékeseményekkel, tehát a vízgyűjtő tározókapacitása ilyenkor telített állapothoz közelít. A modell finomítható más szcenáriók felvételével, érzékenységvizsgálattal, ami az összevont paraméterezés miatt egyszerűbben meghatározható, későbbiekben megfelelő alapot adhat, a modell tagolására, bővítésére, a tervezési állapot felvételekor meghatározott elhanyagolások (talaj, növénytakaró telítettsége) érzékenységének vizsgálatára.

A lefolyás geometriai összetevője igényli tervezés szempontjából a legpontosabb kalibráláshoz szükséges alapadatokat, mivel a modell általában erre reagál legérzékenyebben, tehát olyan

modul választása célszerű, ahol a paraméterek jól körülírhatóak. Kevés adat esetén, de ha a geometriai adatok megfelelően pontosak, ilyen a Clark-egységárhullám módszer (*Ámon, 2017*).

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 vonzatával, amelyhez a jól felépített modell nagy segítséget nyújt.

Hidrodinamikai vizsgálatok

Települési vízrendszer vizsgálatakor, főleg, ha zárt-nyílt szelvények is egyaránt megjelennek, a modellépítés elsőre 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, leghatékonyabban az 1D, véges differenciák módszerét használó megoldók használata. Ezek felépítése segédprogramok segítségével egyszerűvé válik.

Kardinális kérdés a modellek geometriai és hidraulikai részletessége. A problémához modell hozzárendelését a meglévő vagy a tervezett rendszerek kialakítása határozza meg. Például egy településrész belső vízgyűjtőmodelljénél a geometria szerepe csekélyebb, azaz a vízgyűjtőmodell kifolyási szakaszainak megadása mellett a gravitációs csatornarendszer szakaszosan átlagesésekkel is közelíthető, amely a csatornára felépített hidrodinamikai modellel pontosítható. Lokális problémák feltárása, 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 szcenárióval, 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 csapadék-idősorokból kialakuló szélső eseményhez tartozó vízhozamok vizsgálatát, illetve múltbéli mért csapadék-idősorok felhasználásával készített szimulációk kiértékelését. Ha a rendszerben tározó szerepel, hosszabb idősorok létrehozásával, vízhasznosítási koncepciót is figyelembe véve kell szimulációkat futtatni.

Amennyiben élővízfolyás, tározó, árvízvédelmi létesítmény tervezése vagy felülvizsgálata szükséges a településen vagy a vízelvezető rendszer nyílt, esetleg övcsatornarendszer 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, amin felvett szélső csapadék-eseményből képzett vízhozam idősorokat össze kell hozni a település érintett vízfolyásának egy szélső hidraulikai állapotával. Ennek az állapotnak a felvétele hidraulikai megalapozottság szempontjából azt kívánja, hogy valamilyen gyakoriságú vízhozam adat rendelkezésre álljon, ami a mértékadó csapadék-idősor gyakoriságával összevethető, vagy valós múltbéli eseményen alapul. Szélső esetek együttes modellezése a veszélyhelyzet időbeli és térbeli eloszlását megfelelően feltárja.

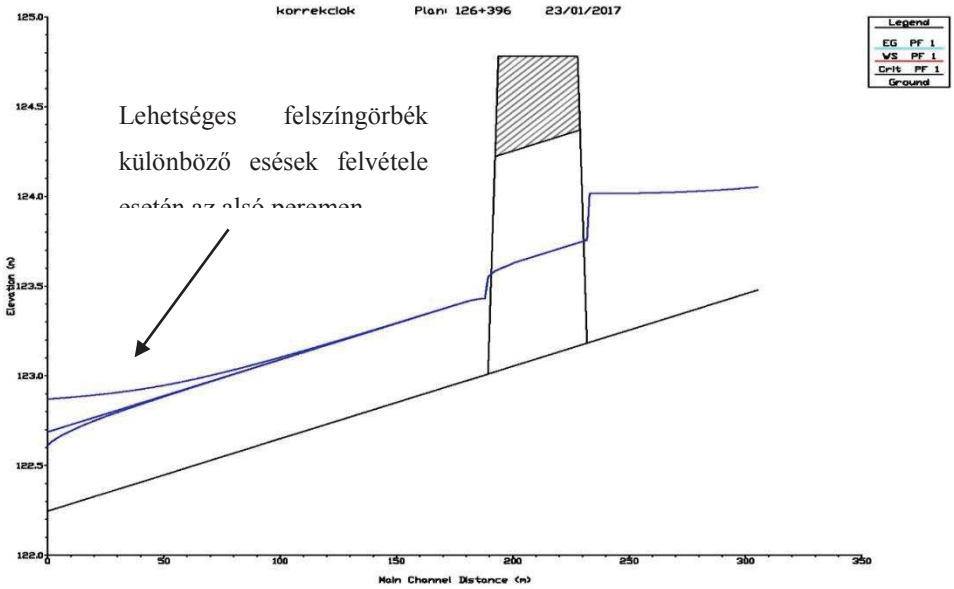
A generált peremfeltételek megbízhatósági kérdései

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, amivel vizsgálatot lehet elvégezni a meglévő és a tervezett rendszerre. Tehát a hidrodinamikai modell felső peremfeltételének felvételéhez mindenképp szükséges olyan reprezentatív gyakorisághoz tartozó idősor, ami 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 generálhatóak megfelelő vízhozam idősorok, amelyekkel a hidrodinamikai modellen futtatással tesztelve ellenőrizhető, hogy adott probléma megjelenése reprodukálható-e. A hidrodinamikai modell a felületi érdességre, illetve a kifolyási perem hatására lehet érzékeny, amelyek viszont elég jól kontrollálhatóak, 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 ugyanakkor kiejthető.

A hidrodinamikai modell kifolyási peremének meghatározásához tervezésnél szűkösek a lehetőségek, ha nem a rendszerből szabad kivezetésről van szó (out of system, pl. egy zárt csatorna mértékadó vízszint feletti kitorkollása), az energiavonal esésének közelítése a legcélszerűbb (*2. ábra*). A klasszikusan bevezetett energiavonal esés ~ vízfelszín esés ~ mederfenék esése 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. Abban az esetben, ha rendelkezésre áll valamilyen felszíngörbe, az érzékenységvizsgálat akkor is szükséges.



22. ábra: Prizmatikus szelvényű vízfolyás hosszmetszete tervezett keresztező műtárgy duzzasztási szintjének számításához készített érzékenységvizsgálat, kifolyási peremen felvett három energiavonal esés hatására kialakult felszíngörbékkel

Dimenziószám megválasztása, mikor, milyen modell alkalmazása célszerű?

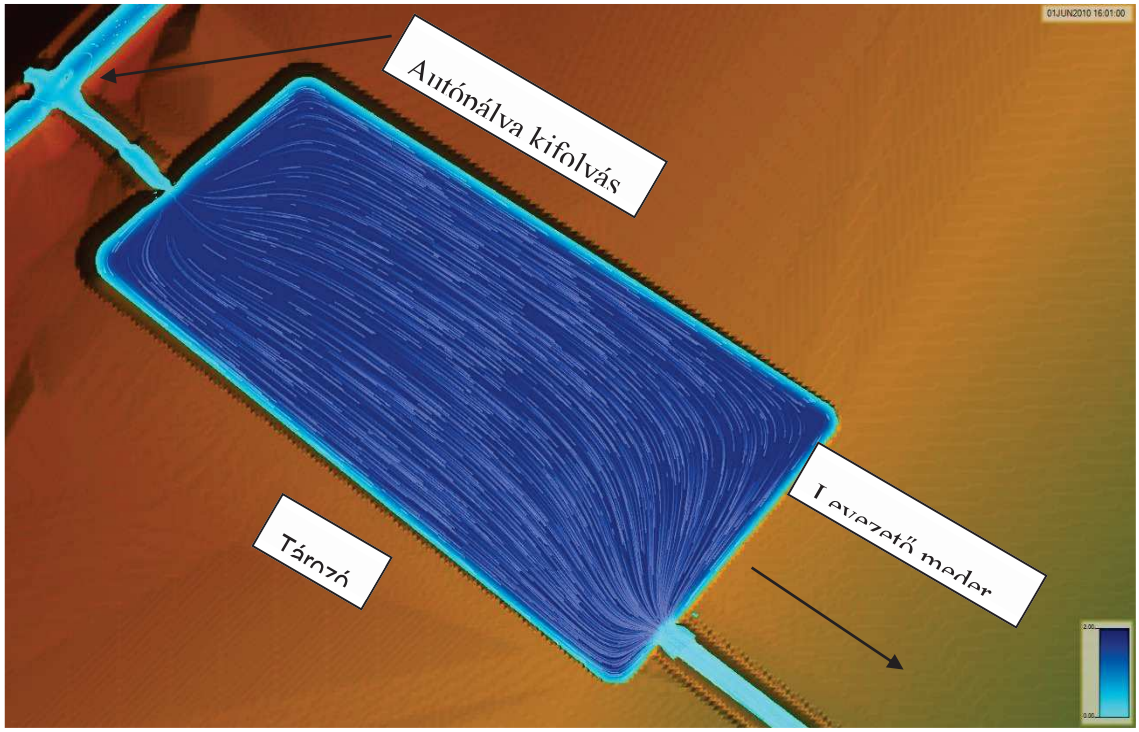
Általánosan nézve a települési csapadékvíz hálózat, főleg ha zárt szelvényű, de nyílt, prizmatikus szelvénykialakítás mellett is 1D probléma. 2D modellek ugyan reprezentatívabb képet adnak, ugyanakkor települési vízelvezető hálózat esetében a fenékesés gyakran nagyobb, ahol az áramló vízmozgás rohanóvá válik (Fr>1), így a modellfuttatást 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, amely ha nem is vezet a modell összeomlásához, de 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, mint például átbukás, zsilip vagy zárt szelvényből kilépés alvízi

szakasza. Elöntésmodell esetén mindenképp 2D modell beépítése indokolt, nem beszélve a villámár hatás vizsgálatáról.

Mivel a folyamatmodellek a fokozatosan változó vízmozgást írnak le, a 0D megoldók lokális használata (például átbukás, nyomás alatti áteresz) 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 csatornamodell, amely bukón keresztül kapcsolódik a tározó 2D modelljéhez. A *3. ábra* 2D tározója egy, település feletti vízgyűjtő időszakos vizeit fogadja, amelyhez a hozamidősort vízgyűjtőmodell szolgáltatta. Autópálya építés miatt a vízgyűjtő terhelése koncentrálódik a település felett, ezért a vízelvezető rendszer túlterhelését elkerülendő árhullámcsökkentő tározó épül. A modell felépítése: levezető medret magában foglaló 2D rácsháló, az autópályánál 0D áteresz integrálásával – 2D meder – 0D bukó – 2D tározó – 0D bukó – 2D meglévő levezetőmeder.



23. ábra: Tervezett m30 autópálya által átvágott vízgyűjtő koncentrált hozamának csillapítása. Település feletti puffertározó, kialakuló vízoszlopmagasság a 0-2 m tartományon, részecskekövetéssel

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 zárt szelvényű csatornarendszer vizsgálata a feladat tárgya, célszerű a hidrodinamikai rendszer 2D képének kialakítása is, nem csak 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 helybentartásának 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 rejtenek magukban. A helyzethez sokban hozzájárul, hogy a települések nem rendelkeznek vízhasznosítási koncepcióval, a vízgyűjtők feltáratlanok, a lakosság jobbára csak a havariaként megélt szélsőséges csapadékesemények kapcsán találkozik a vízgazdálkodási kérdésekkel.

A kapcsolt modellek segítséget nyújthatnak települési szintű vízgazdálkodási terv kidolgozásában, a vízgyűjtők feltárásával, hozzá kapcsolt szcenárió alapú modellezéssel egészen tanulmányi szinttől vízhasznosítási javaslatok (adott estben annak kvázi lehetetlenségének megállapításáig) felállításáig, majd a kiválasztott megoldás részletes megtervezéséig.

Irodalomjegyzék:

1. Varga L., Buzás K., Honti M. (2016): *Új csapadékmaximum függvények*, Hidrológiai Közlöny 2016/2. szám, Magyar Hidrológiai Társaság, Budapest
2. Ámon G. (2017): *Numerikus folyamatmodellezés a vízépítési tervezésben*, előadás, Magyar Hidrológiai Társaság XXXV. vándorgyűlés, vízépítési szakosztály, Mosonmagyaróvár
3. Ámon G. (2016): *M30 gyorsforgalmi út Miskolc – Tornyosnémeti közötti szakasz eng. terv, t.sz.: 1532, D. – vízépítés munkarész*, TURA-Terv Mérnökiroda Kft., Budapest

12. Kozák Péter: Települési csapadékvíz kezelés és a külterületi vízelvezető rendszerek diszharmóniájának bemutatása Dél-alföldi esettanulmányokon

Absztrakt:

A belterületről szárma csapadékvizek elvezetése csak komplex megközelítéssel lehetséges. Valamennyi terhelést figyelembe kell venni a beleértve a csapadék vizeket, a használt ipari vizeket, termál csurgalékvizket. A tervezés során vizsgálni szükséges a dinamikus üzemállapotokat. A tervezési munkákban közreműködők számára szoros együttműködés szükséges.

Abstract:

The collecting of rainwater can be effective with complex approach. Have to analyze the quantity of the rainwater, the used waters form industrial users, and the used waters from central heating systems. The importance of the dynamic phases are deterministic form the point of planning. Strong cooperation is required for the all experts and all engineers.

1. Beveztés

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 csapadék csatornahálózat feladata. A hálózat elemeinek hatékonyságát nem csak a rendszer aktuális vízelvezetési potenciálja határozza meg, hanem az azokat befogadó rendszerek aktuális vízelvezetési potenciálja. A befogadók állapota, vízszállítása szinte soha sem 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 visszaduzzasztja 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 nyilatkozat" iránti kérelemben fogalmazzák meg. A befogadók üzemeltetőivel lefolytatott konzultációk alkalmával ismertetik meg a belterületi területekről levezetendő vízhozamokat, melyek rendszerint jelentősen meghaladják a rendelkezésre álló vízelvezetési kapacitásokat. A belterületi fejlesztések során „egyértelmű a 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 vízszállításra értelmezett vízhozam adatokat 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.

2. A belterületekről érkező víztömegek

A belterületekről levezetendő vízmennyiségek általános értelemben a lakott települések mentesítése érdekében kerülnek összegyűjtésre. Ezen 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 munkahely teremtés érdekében korábban használaton kívüli területek is beépítésre kerülnek. Ezen területekről történő vízelvezetés is a belterületről érkező terheléseket növelik. Habár a lakóingatlanok, a közcélú építmények mentesítése prioritást élvez mégis azon vízmennyiségeihez adódó belterületi „ipari parkokról levezetendő vízmennyiségekkel jelentősen megterhelik a külterületi befogadókat, így azok elvezetési potenciálja jelentősen lecsökken. Habár az ipari jellegű fejlesztésekkel kapcsolatban jelentkező többlet vízmennyiségek tározásával/késleltetésével kapcsolatban a megfogalmazásra kerülő tározók építésével kapcsolatosan alapvetően kedvező a beruházói fogadtatás, azonban a konkrét finanszírozási kérdések megoldásában sokszor az érintett települési vezetők nem kapnak kellő támogatást és azért, hogy a munkahely teremtő beruházás megvalósulhasson a településnek

saját forrásait is igénybe kell venni a szükséges tározók építésére, 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 jelentkezik, hanem folyamatosan terhelik a befogadót, ezáltal pl 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 útpálya testről levezetendő víztömegek következtében a befogadók olyan nagy intenzitású terheléseket kapnak, amelyek a távolabbi, településekről érkező víztömegek befogadó jutását nehezítik meg, vagy adott esetben ellehetetlenítik.

A fenitek alapján a belterületekről elvezetendő vizek az alábbi elemekből tevődnek össze, melyekkel kapcsolatos kockázatokat az alábbi táblázat tartalmazza:

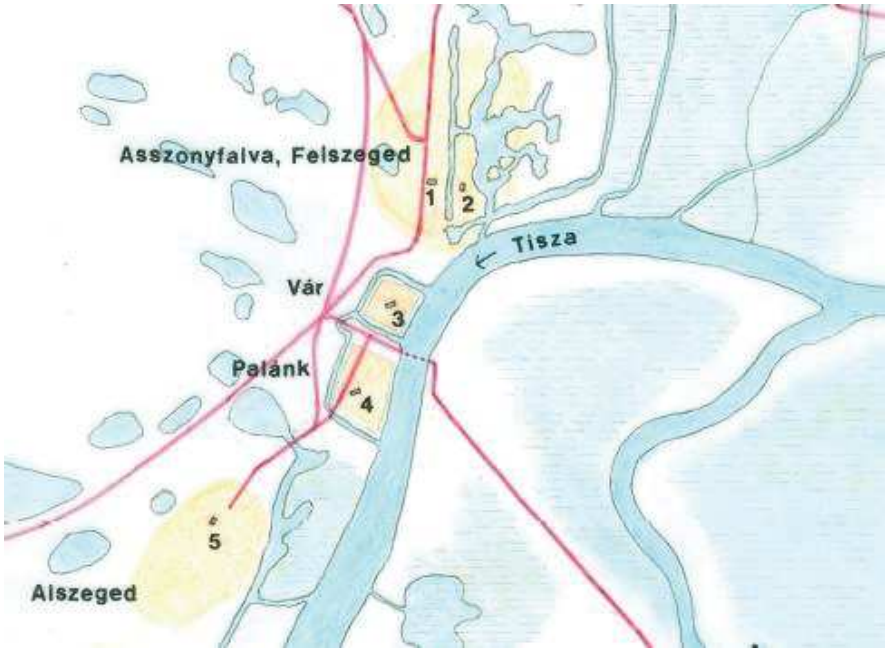
összetevő megnevezése	**forrása**	**fennálló kockázatok**
belterületi összegyülekezés	csapadékvíz	éghajlati szélsőséghez kapcsolódóan megnövekedő elvezetendő víztömegek
belterületi ipari eredetű víztömegek	ipari tevékenység követeztében	folyamatos üzemrenddel működően csökkenti a külterületi elvezetési potenciálokat
belterületi termál csurgalékvizek	belterületi közösségi vagy mezőgazdasági célú termálfűtő rendszerek	folyamatos üzemrenddel 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.

3. Esettanulmányok a belterületi vizek elvezésével kapcsolatosan

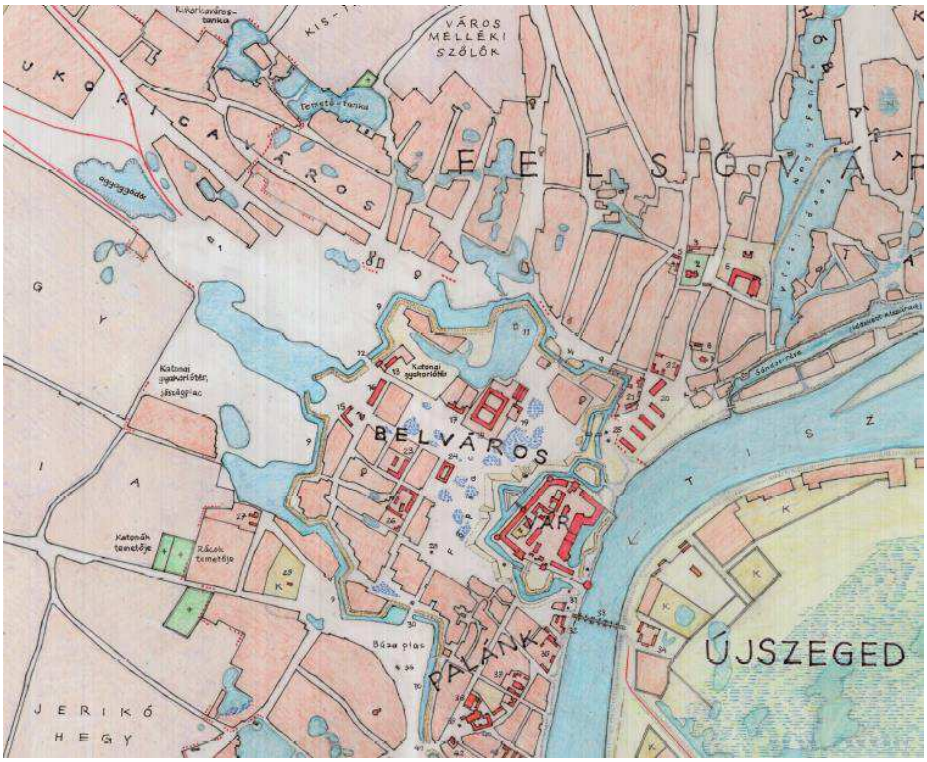
3.1 Belterületi vizek kezelésének gyakorlata a szegedi Vér-tó kapcsán

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



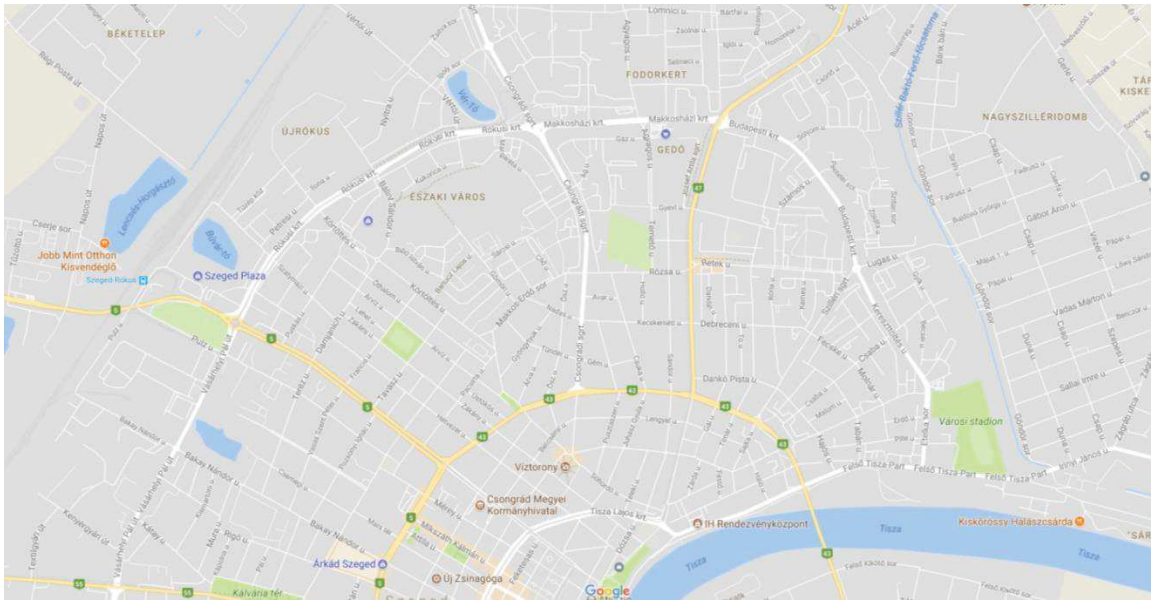
24. ábra Szeged XI-XIV. században

Forrás Szeged Városörténeti Atlasza 2014. Szerkesztette: Dr. Blazovich László



25. ábra Szeged és Újszeged a 18. század végén 1790 körül Készítette: Kratochwill Mátyás Forrás Szeged Várostörténeti Atlasza 2014. Szerkesztette: Dr. Blazovich László

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



26. ábra Vér-tó elhelyezkedése Forrás: Google Maps 2017.

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

27. ábra A szegedi Vér-tó és környezete Készítette: Kozák P. 2017.

Azonban mivel az épített környezetbe integrálódott be, így a lakosok által egyre inkább növekszik azon igény ami a vízfelülettel kapcsolatos rekreációs lehetőségek fejlesztésével kapcsolatosak. 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 azon vízmennyiségek a vízminőség szempontjából kockázatot hordoznak.

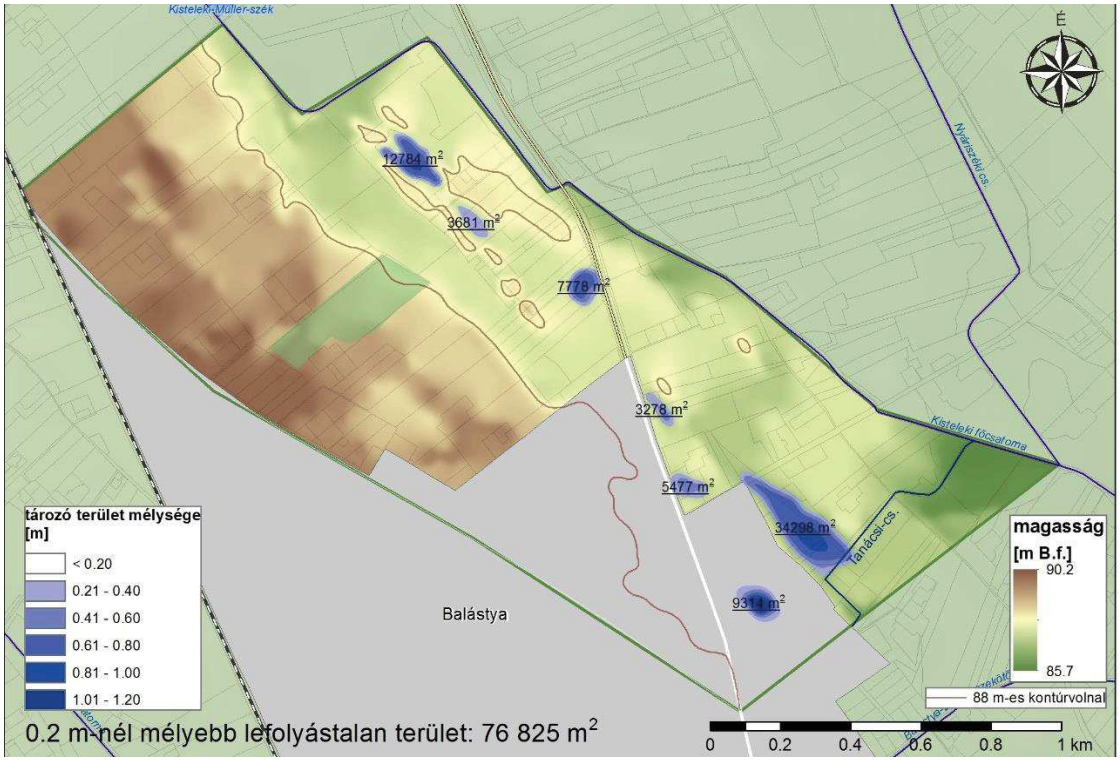
A szegedi Vér-tó példája szemlélteti azt a törekvést amikor a belterületi csapadékvíz tározó az épített környezet szerves részévé válik, azonban ehhez kapcsolódóan eredeti funkciója -a csapadékvizek tározása- már konfliktust generál és a közeljövőben várhatóan a háttérbe is szorul a rekreációs igények szélesebb körű kiszolgálása érdekében. Fontos megjegyezni, hogy frekventált külterületi csapadékvíz tározók esetében hasonlatos „evolúciós” szakaszok figyelhetők meg, melyek következményei, hogy a tározásra igény bevehető térfogatok/vízfelületek csökkenek, míg a rekreációs célú térfogatok/vízfelületek növekednek.

3.2 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 termál energia 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, mert 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 a közösen határozták meg azokat a külterületi tározási lehetőségeket (*5. ábra)*, amelyek igénybevételével a beleterületről 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.



28. ábra Tározási lehetőségek Balástya település feljesztési elképzelési kapcsán

Készítette: Dr. Benyhe Balázs 2016.

3.3 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 amely 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 elöntés kapcsán, mert az öngondoskodás elvárásait sem teljesítették a tulajdonosok. Gyakorlatilag a saját felelősségre elvégzendő preventív intézkedéseket sem hajtották végre. Sok ház esetében még az ereszcsatornák sem kerültek felszerelésre (*6. ábra*), és így a csapadékos időjárás miatt a csapadékvíz közvetlenül támadta a falakat, amelyek közül számos vályogból épült dőlt össze.

29. ábra Pálmonostora a 2010-2011. évi belvíz során Készítette: Dr. Kozák Péter 2011.

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

Fenti esettanulmányok felhasználásával kerültek bemutatásra, hogy a belterületi csapadékvízelvezető rendszerek terheléseinek meghatározása során jelentős mértékben túl kell tekinteni a csapadék okozta összegyülekezésen és törekedni kell valamennyi vízterhelést adó szegmens azonosítására és a méretezésbe történő figyelembe vételére. A példákból látható, hogy a csapadékvíz tározók mint az épített környezet részei sajátos „evolúción" mennek keresztül, mely során a csapadékvíz tározási funkció meghatározó jellege mérséklődhet. Illetve az esettanulmányok tartalmaznak utalást arra, hogy az települési vízrendezés hatékonyságát jelentősen befolyás olhatja az ingatlanokon belüli csapadékvíz kezelés/elvezetés kiépítettsége.

4. 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 kapaitások növelését jelentik. Ebben az esetben a belterületi fejlesztéshez kapcsolódnak a külterületi kapacitás növelését biztosító intézkedések. Ezen fejlesztésekhez kapcsolódóan további nehézséget jelent, hogy a külterületi elvezető rendszerekre vezetett többlet terhelések a rendszer vízkormányzási rendjének módosítását is szükségessé teszi. További probléma az elkészült művek üzemeltetésével kapcsolatos kezelői feladatok végrehajtása, mert ezek a belterületi rendszerek az üzemeltetőinek anyagi terheit tovább növelik, melyek finanszírozása problémás lehet. Amennyiben a külterületi rendszerek fejlesztését nem tudja vagy nem szándékozza a belterületi fejlesztési indukáló szervezet akkor a belterületen (a tervezési határon belül) kell beavatkozást végrehajtani a lefolyó víztömegek késleltetésére csapadékvíz tározó(k) megépítésével. Ezen megoldási változatnak problémája, hogy további fejlesztési költségeket indukál, az értékes belterületi terület 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 igénybevett pályázati forrás előírásait.

A kialakult konfliktusokkal kapcsolatban fontos lenne, hogy belterületi fejlesztésekben közreműködő szaktárgyi tervezők komplex módon közelítsék meg a tervezési feladatukat és ne csak a „tervezési határ"-ig alkosság 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 koncepció alkotás időszakában kerüljenek vizsgálatra lefolyás késleltetés, illetve a visszatartás lehetőségei.

A gyakorlati tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy a dinamikus üzemállapotok vizsgálatára nagyobb hangsúly kell fektetni, mert csak ezen szimulációk alkalmazásával kerülhet teljes körűen a csapadékvíz elvezetés problémaköre. Ennek számítási feltételei napjainak 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, mely mintaként tekinthető valamennyi -akár ipari- fejlesztés számára a csapadékvizek elhelyezésére (*7.ábra*).

30. ábra Csapadékvíz elhelyezés megoldása a szeged ELI-ALPS Lézerközpontnál

Készítette: Dr. Kozák Péter 2017.

13. Mrekva László: A zöld infrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyás-szabályozásában /1. rész/

Role of the green infrastructures in stormwater management and urban runoff control

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 vízgyűjtőterületeinek árvizek általi veszélyeztetéséhez vezet. A jelenlegi települési földhasználati gyakorlat miatt a városokban elöregedő műszaki struktúrájú, túlterhelt csatornahálózatok találhatók, sürgető csapadékvíz elvezetési és kezelési problémákkal. A klímaváltozásnak köszönhető megnövekedett csapadéktevékenység és az áthatolhatatlan városi felületek számának növekedése a katasztrofális károk kockázatának növekedését jelenti a városi területeken. Igényként merül fel a beépített területekről történő csapadéklefolyás mértékének csökkentése. **Ward és társai** szerint a csapadékvíz gyűjtésre egyre inkább a fenntartható vízgazdálkodás integrált részeként kell tekintenünk. A kormányok régóta küzdenek ezeknek a problémáknak a megoldásával. A jelenkori településtervezés szabályozása megkívánja a csapadékvizekkel való ésszerű gazdálkodást (a keletkezés helyén történő tárolás és felhasználás). A zöld infrastrukturális megoldások ennek az integrált megközelítési módnak egyfajta kulcs elemei. A zöld infrastruktúrák alkalmazása az a fajta megközelítés, amelyben a szélsőséges[3] időjárási jelenségek, mint 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 mellet. A zöld infrastruktúra, mint **koncepcionális szemléletmód**[4] jelentős mértékben járul hozzá a fenntartható települési csapadékvíz-gazdálkodás kulcsfontosságú célkitűzéseinek megvalósításához. A fenntartható városi csapadékvíz-gazdálkodás számára nélkülözhetetlen legfontosabb 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 lefolyás-

[3] „A víz a szélsőséges mennyiségével is lehet környezeti ártalom, mert a sok víz vagy kevés víz egyaránt okozhat katasztrofális károkat. (**Illés és társai, 1978**)

[4] 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

szabályozásában és ezzel együtt a városi árvizek eliminálásában betöltött szerepére koncentrál, kitérve azok hidrológiai teljesítőképességére.

Kulcsszavak: urbanizáció, városi árvízi kockázat, extrém csapadéktevékenység, áthatolhatatlan felületek, felszíni lefolyás, integrált csapadékvíz-gazdálkodás, zöld infrastruktúra

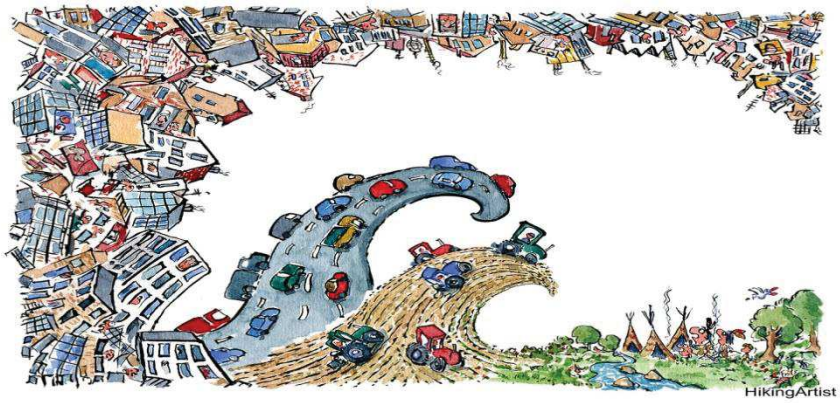
Abstract

The rapid urbanisation, the concentrated economic activity and the climate change jointly increase the risk of the development of urban catastrophes all over the world. Non-planned urban development, the rivalry for the momentous urban agglomerations and the degradation of the environment together with changed urban land use practice often lead to inundation of the urban watersheds. Due to the present urban land use practice we can find aging and overburdened drainage systems with urgent stormwater managemental problems. Owing to the climate change the increased number of rainfall events and the occurrence of the increased number of impervious urban surfaces mean together the increase of the risk of catastrophic damages on urban areas. Green infrastructures are the key elements of the solving problem. Green infrastructure conception measurably contributes to the realization of the crucial objectives of the sustainable urban stormwater management.

Keywords: urbanization; urban flood risk; extreme rainfall event; impervious urban surfaces; stormwater runoff; integrated rainwater management; green infrastructure

1. A téma indokoltsága

Ahogy a városi területek egyre inkább terjeszkednek (**1. sz. ábra**) a világ növekvő lakosságának teret biztosítva, egyre nagyobb valós igény mutatkozik a városi területek természetei 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 a népesség annak határain belül (**Weeks, 2010**), a folyamatban nem csupán a városlakók száma nő, hanem a városias jelleg is terjed (**Pirisi Gábor és Trócsányi András**). A globális városi területek bővülésének szembetűnő eredménye a természetes folyamatok megváltozásában, valamint a természeti kincsek megfogyatkozásában nyilvánul meg (**Niemczynowicz, 1999.; Vörösmarty et al., 2000.**). A városi táj megváltoztása hatással van a beszivárgásra és az evapotranspiráció befolyásolása által a városi hidrológiára.



1. sz. ábra: Városok terjeszkedése[5]

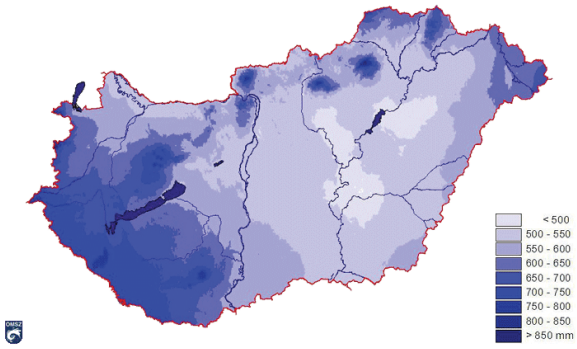
Az áthatolhatatlan felületek növekedése negatívan befolyásolja a lefolyás folyamatát, mivel a porózus felületekről történő lefolyás a beszivárgás eltérő dinamikájának köszönhetően bizonytalanságot tükröz, és jelentős mennyiségi és minőségi változásokat okoz a hidrológiai körfolyamatban. A városi hidrolgia 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 mérétkének növekedése, az áthatolhatatlan, lefolyástalan területek növekedése következtében a városi területeken megváltoznak a lefolyási viszonyok (**1. sz. táblázat**). A lefolyási viszonyok megváltozása általában lefolyás növekedést 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 vízminőségszabályozási problémákhoz vezet. Mindezek a megoldásra váró feladatok cselekvésre késztetik a XXI. század emberét. A városi földhasználat jellegének megváltozása, amely megnöveli a csapadék lefolyást, a városi árvízi katasztrófák intenzifikációjához (erősödéséhez) vezet.

[5] https://c1.staticflickr.com/9/8090/8551983771_0ccb5a133d_b.jpg

aszfaltburkolat	85−95
bitumennel kiöntött kockakő	80−85
kockakő bitumen kiöntés nélkül	50−70
faragott terméskő burkolat	40−50
kavicsolt, v. mechanikailag stabilizált út	15−30
rét	15−30
szántó	8−20
erdő	3−10
park	5-10

1. számú táblázat: A lefolyás mértéke %-ban (a felszínre hulló csapadék és a lefolyó vízmennyiség aránya) különböző típusú felszínek esetében [6]

Alapvető vízpolitikai célkitűzés kell, hogy legyen a városok vízszükségletének biztosítása a csapadékvíz helyben[7] hasznosítása, a helyi víztározás elősegítése. Magyarországon az évi átlagos csapadék 500-750 mm, a tájaink között jelentős eltérések vannak az éves csapadékmennyiségében (**2. számú ábra**), ami azt mutatja, hogy rá vagyunk szorulva az ésszerű vízvisszatartásra és a csapadékvíz-gazdálkodásra.



2. sz. ábra: Magyarország átlagos éves csapadékösszege 1971-2000 között[8]

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 is, gyakoribbá váltak a heves

6 Magyar Urbanisztikai Társaság, Városklíma kalauz (http://www.mut.hu/index.php?module=news&action=getfile&fid=182647)

7 „Figyelemmel az éghajlatváltozásból eredő csapadékintenzitás 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. oldal

8 OMSZ

csapadéktevékenységek is. Ezeknek a trendeknek a látványos felerősödésére kell számítanunk a jövőben (**Takács-Sánta András, 2007**). Nyáron (és kisebb mértékben ősszel) a csapadék csökkenése, míg télen (és kisebb mértékben tavasszal) a csapadék növekedése várható[9]. A csapadékváltozás mértéke meghaladhatja akár a 30-35%-ot (**Kiss Gábor, 2015.**). Hazánkban csapadékból származó vízkészlet jelentős,[10] 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 tapasztalhatóak és ennek megfelelően alkalmazkodnunk kell hozzájuk." (**ENSZ Környezetvédelmi Program, UNEP 2007**). A mai körülmények között legkézenfekvőbb megoldás a burkolt felületek kiterjedésének csökkentése, ezzel szemben a zöldfelületek növelése volna. A nemzetközi gyakorlatban az előbb említett, jogszabályi kezdeményezés kötelezésként történő megvalósulásának lehetünk tanúi. Norvégiában például jogszabályi úton kötelezik az ingatlantulajdonosokat 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 négyzetméter között változik. Az ajánlott zöldterületi minimum 21-30 m^2/fő, amelyből 7-10 m^2-t közvetlenül az épületek körül, 7-10 m^2-t 300-500 méteres távolságra, további 7-10 m^2-t pedig nagyobb közparkként kellene biztosítani."[11]

A települések életében sajátságosan sokszínű[12] és jelentős szerepe van a víznek a környezet fejlesztésében és az infrastruktúra megteremtésében. Nem újszerű a gondolat, hogy „a településeket közvetlen érintő környezetet átgondolt területfejlesztéssel, területrendezéssel és a vízi környezet fejlesztésével lehet eredményesen kialakítani" (**Illés és társai, 1978**) és az

---

[9] 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**)

[10] „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 számot tevőek."(Nemzeti Vízstratégia 28. oldal)

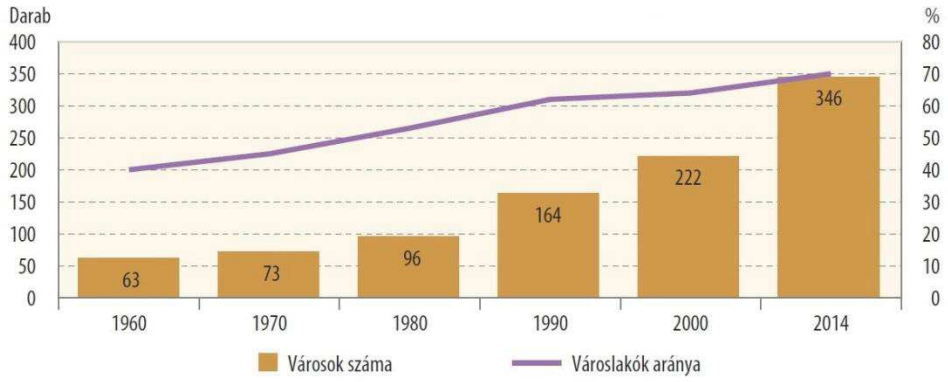
[11] https://www.levego.hu/kapcsolodo-anyagok/fogalommagyarazat-a-varosi-zoldfeluletek-es-zoldteruletek

[12] „A víz az egyik leghatásosabb környezetgazdagító tényező azáltal is, hogy fokozza más környezeti elemek (pl. erdők, parkok) esztétikai, közcélú (jóléti) és tájformáló hatását." (**Illés és társai, 1978**)

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.

2. Városi lefolyás karakterisztika és a zöld infrastruktúra kapcsolata

A városi hidrológia egy sajátságos tudást, ismeretet igénylő szegmense a hidrológiának, amit akkor és azokon a területeken alkalmaznak, ahol a koncentrálódó emberi tevékenység kapcsolatba kerül a természetes folyamatokkal. A lakosság folyamatos növekedése (**1. sz. grafikon**) és a városi területek fokozódó fejlesztése kihatással van egy adott terület természeti jellemvonásaira és megváltoztatja ott a hidrológiai gyakorlatot.[13]



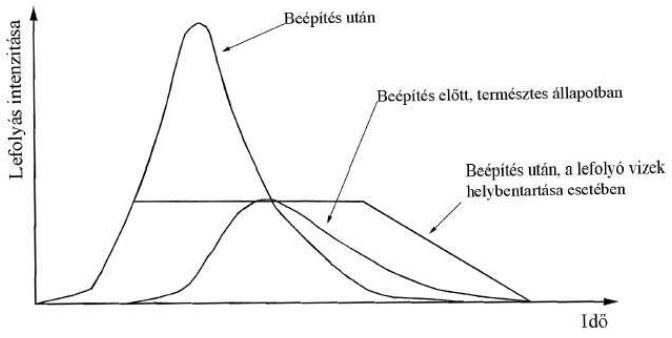
1. sz. grafikon: A városok számának és a városlakók arányának alakulása Magyarországon[14]

Az elvárosiasodás egyik figyelemreméltó szempontja 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 (**3. sz. ábra**). A nem megfelelően kialakított városi csatornarendszerek a természetes vízgyűjtőkhöz képest nem tudják a lefolyást a lehető leggyorsabban levezetni, ezzel árvizek kialakulását okozzák (**Anjum and Mohammad Kassim, 1999**). A városi csapadékvíz-gazdálkodás az a fajta megszerzett tudás, ismeret, tapasztalat, mely megkísérli értelmezi, szabályozni és hasznosítani a hidrológia körfolyamatban jelenlévő víz különböző megjelenési formáit.

---

[13] „a népes településeken átlagosan 5-10%-kal magasabb a csapadék mennyisége a környező területekénél." (**Klímabarát Városok, 2012**)

[14] Központi Statisztikai Hivatal, 2015 Magyarország Településhálózata 2. Városok-falvak



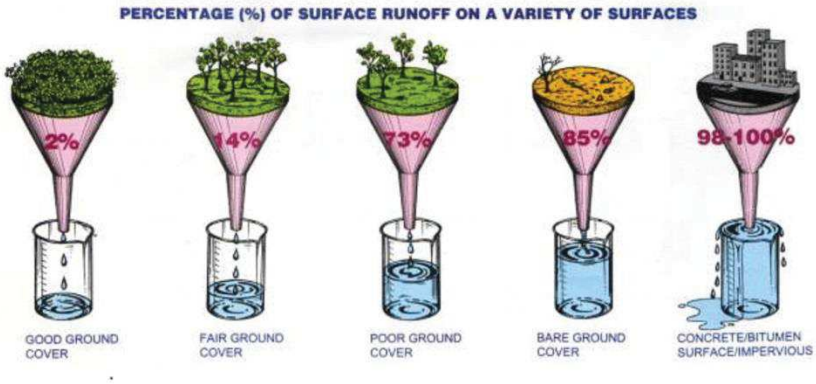
3. sz. ábra A beépítés hatása a felszíni lefolyásra[15]

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 relatív kis területen koncentrálódó népszaporulattal hozható összefüggésbe. A közlekedési hálózat fejlődése, mely egy magasabb életszínvonal elérését vetíti előre, nagy kiterjedésű, áthatolhatatlan urbánus felületek kialakulását eredményezi, melyekről 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 csapadékvíz gyűjtés hosszú időre nyúlik vissza, számos ősi civilizáció arra használta a csapadékvizet, hogy megbirkózzon a víz időszakos rendelkezésre állásának problémájával. A csapadékvíz gyűjtési módszerek széles választéka ismeretes, a különböző megoldások kiválasztása legalább annyira függ a vízgyűjtő területtől, mint a végső felhasználás céljától. A csapadékvíz gyűjtési technikák két fő típusra oszthatók: „in situ” és „ex situ”. Az „in situ” (eredeti helyzetben) csapadékvíz gyűjtés célja növelni a talajban tározott csapadékvíz mennyiségét úgy, hogy azt a felhasználás helyén gyűjtjük össze. Ennek az eljárásnak a lényege, hogy a csapadékvíz helyben marad. Az „ex situ” (nem eredeti helyzetben) csapadékvíz gyűjtés esetén a csapadékvizet a végső felhasználási helyhez képet külső területen gyűjtik össze. Ilyen, a csapadékvíz gyűjtésre szolgáló külső területek a városi természetes talajfelszínek, háztetők, utak és járdák.

[15] **Wright-Heaney, 2001**

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 szintén az áthatolhatatlan területek fejlődésének eredménye, vagyis hogy a legtöbb csapadék beszivárogni képes hányada csökken, a lefolyási hányada növekszik (**4. sz. ábra**).



4. sz. ábra: A felszíni lefolyás százalékos eloszlása különböző felszíneken[16]

A városi zöld területeket illető modern kutatások (**Pataki et al., 2011**) rávilágítottak, hogy ahol az áthatolhatatlan felületek általi beépítettség mérete eléri a városi terület 50-90 %-át, ott ezen 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[17] (**Pyke et al., 2011**) kiemelten kezelik és egyre nagyobb érdeklődést mutatnak a zöld infrastruktúra tudománya és gyakorlata iránt, hangsúlyozva a várostervezésben betöltött integratív szerepüknek a fontosságát. Kimutatták, hogy például az áthatolhatatlan városi felületek szerény mértékű (25 %-ról 16%-ra) csökkentése már jelentős csökkenést eredményezne a csapadékvíz lefolyásban.

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

[16] http://beckleysanitaryboard.org/impervious-surface/

[17] Science for Environment Policy, In-depth Reports, 2012 The Multifunctionality of Green Infrastructure

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 nem csak 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, hogy kapjon a költséghatékony vízvisszatartás és csapadékvíz-gazdálkodás. 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 ez által jelentősen csökkenthet. A hatásos gazdálkodási stratégia első lépése, hogy a problémát illetően egyértelműen definiált célokat kell megfogalmazni.

A hidrológiai körforgás alap elve 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, addig, amíg el nem éri azt a szintet, amikor a csapadék intenzitás 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, felszínborítottságot változatos lefolyási körülmények között. A kutatások szerint a másik legfontosabb tényező, amely hatással van a lefolyásra, az a növényzet. Az a terület, amelyik növényzettel sűrűn borított, az 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 jelentős hatással van a talaj infiltrációs kapacitására is. A sűrű növényzeti lefedettség megvédi a talajt a heves esőzés hatásától, mely végső fokon a talaj alkotórészeinek károsodását

okozza, úgymint a talaj diszperzió[18][19], aminek az a következménye, hogy az apró talajrészecskék a talaj felső pórusaiba vándorolnak, eltömve a pórusokat, és egy vékony, de sűrű, tömör felszínt képeznek, mely nagymértékben csökkenti az infiltrációs képességet. Ráadásul a növények gyökérzete, mint a talajban jelenlévő 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 szerepet játszik az adott vízgyűjtő lejtése és mérete. A meredekebb lejtők nagyobb lefolyást generálnak, mint a lankásabb felszínek, ahol a víz ideiglenesen képes kisebb-nagyobb mértékben tározódni és később beszivárogni. A földhasználat[20][21] szintén egy 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 a földhasználati viszonyok befolyásolják legjobban emberi léptékben, geológiai léptékben pedig a terület földrajzi adottságai (domborzati és talajviszonyok),
- a beépített területeken a legnagyobb mértékű a lefolyás, az erdővel borított térszíneken a legkisebb,
- a birtokszerkezet közvetett módon hatással van a lefolyás mértékének alakulására.

A földhasználat megváltozása (pl. felszínnek az urbanizáció miatti lezárása (áthatolhatatlan felületek)), amely megnöveli a csapadék lefolyást, az árvízi katasztrófákat súlyosbító emberi tényezők között az elsők között említendő. A földfelszín adottságainak, mint például a talaj milyenségének, a növénytakarónak és a földhasználati gyakorlatnak közvetlen hatása van a keletkező felszíni lefolyás mennyiségének növekedésében. Ezért a földhasználati gyakorlat, a

---

[18] „A diszperzív talajok járatos erózióra hajlamosak. Hirtelen eróziójuk legtöbbször vízzel kapcsolatba kerülő vonalas létesítmények, jellemzően árvízvédelmi gátak töltéseiben okoz problémát. A hirtelen lezúduló csapadék, vagy pedig a rohamosan emelkedő vízszint kimossa a talaj szemcséket, ha a víz okozta nyírási igénybevétel nagyobb, mint a szemcsék közötti kohézió." (**Illés Zsombor, Diszperzív talajok azonosítása és kezelése.**)

[19] Diszperzív talaj: Azon kötött talajok, melyek fizikai- kémiai tulajdonságai miatt az agyag szemcsék közti kötőerő alacsony, így kis energiával megbontható a szemcsék szerkezete, a talaj könnyen erodálható. (http://www.gwpszotar.hu)

[20] Az Európai Környezetvédelmi Ügynökségnek a városok terjeszkedéséről szóló jelentése szerint a városok földhasználata az Európai Unió területének több mint egynegyedére hatott közvetlenül 1990. és 2000. között. Ez elsősorban a korábbi mezőgazdasági területeken történt meg, ami olyan fontos ökoszisztéma-szolgáltatások elveszítéséhez vezetett, mint például az élelmiszertermelés, az árvizekkel szembeni védelem és a biológiai sokszínűség. (**EEA Briefing 2006/4**)

[21] Az európai földhasználatot több fontos tényező vezérli: a személyenkénti élettér 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. (**Európai Környezetvédelmi Ügynökség, EEA**)

lefolyás és az árvizek előfordulása közötti kapcsolat számos olyan körülményre, tényezőre vezethető vissza, melyeket a földhasználati előírások, szabályozási intézkedések során figyelembe kell venni (**Urban Flood Risk Management – A Tool for Integrated Flood Management**). „Az Európai Bizottság szerint a zöld infrastruktúra alapvető szerepet játszik a nem fenntartható földhasználat csökkentésében" (**Green Infranet**). A földhasználat gyakorlata megkívánja a víz jelentőségének városképi kihangsúlyozását, a városi környezet megújítását, a meglévő zöld felületek rehabilitációját, illetve azok bővítését, mely során reagálni kell a csapadékvíz fenntartható kezelésével a nagy esőzésekre. Bármely földhasználati változásról hozott döntés egyben vízgazdálkodási döntés is, és ezért megfelelő földhasználati szabályozás szükséges a hatékony vízvédelem érdekében (**Falkenmark et al. 1999**)[22].

A cikk folytatódik „A zöld infrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyás-szabályozásában 2. rész" című dokumentumban.

[22] Gayer József–Ligetvári Ferenc, 2007 Települési vízgazdálkodás csapadékvíz-elhelyezés, 27. oldal

Felhasznált irodalom

1. Niemczynowicz J., 1999. Urban hydrology and water management – present and future challenges. Urban Water,
2. Vörösmarty C.J. et al., 2000 Global water resources: vulnerability from climate change and population growth.
3. Weeks J.R., 2010. Defining urban areas.
4. Pirisi Gábor és Trócsányi András, Általános társadalom- és gazdaságföldrajz (http://tamop412a.ttk.pte.hu/files/foldrajz2/)
5. Szilágyi János Ede, 2016. A vízhez kötődő káresemények jogi szabályozása – előtanulmány
6. Takács-Sánta András, 2007. A globális éghajlatváltozás
7. Kiss Gábor, 2015. Klímaváltozás: hatások és felkészülés Magyarországon
8. T. V. Ramachandra, Pradeep P. Mujumdar, 2009. Urban Floods:Case Study of Bangalore
9. Justin Reale, Urban streams (https://riverrestoration.wikispaces.com/Urban+streams)
10. Gyulai Iván, A fenntartható fejlődés – Megoldások a fenntartható fejlődés felé, KEOP-6.1.0/B/11-2011-0142
11. Mrekva László, 2014. A földhasználat szerepe a városi árvízi kockázatkezelésben
12. WMO/GWP Associated Programme on Flood Management, Urban Flood Risk Management – A Tool for Integrated Flood Management
13. http://www.eea.europa.eu/hu/themes/landuse/intro
14. MKIK Gazdaság- és Vállalkozáskutató Intézet Budapest, 2015. A klímaváltozás várható gazdasági hatásai Magyarországon 2020-2040
15. Gayer József–Ligetvári Ferenc, 2007. Települési vízgazdálkodás csapadékvíz-elhelyezés
16. Horoszné Gulyás Margit, 2012. Lefolyás-szabályozás és talajvédelem
17. 27/2015. (VI. 17.) OGY határozat 1. melléklet, 4. NEMZETI KÖRNYEZETVÉDELMI PROGRAM 2015–2020
18. Kováts-Németh Mária, Bodáné Kendrovics Rita, Juvancz Zoltán, 2015. Környezetpedagógia a fenntarthatóságért Klímaváltozás és a fenntartható vízgazdálkodás összefüggései egy vízminőség-védelmi projektben
19. Prof. Emer. Dr. Szabó Gyula, 2010. A településrendezési tervek és a birtokrendezés kapcsolódásai, informatikai támogatottság
20. 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről
21. Oláh András Béla, 2012 A városi beépítettség és a felszíntípusok hatása a kisugárzási hőmérsékletre - doktori értekezés

22. Mrekva László, Horváthné Pintér Judit, 2010. A zöldtetők szerepe a csapadékvíz felhasználásban és átmeneti tározásában a városi területeken
23. KEOP-7.9.0/12-2013-0007 projekt azonosító számú kiadvány, A vízgyűjtő-gazdálkodás korszerű gyakorlati megoldásai
24. Natural Water Retention Measures In Europe - Guide, http://www.nwrm.eu
25. Individual Natural Water Retention Measures – Green roofs, http://www.nwrm.eu
26. Individual Natural Water Retention Measures - Permeable paving, http://www.nwrm.eu
27. Individual Natural Water Retention Measures - Swales, http://www.nwrm.eu
28. Individual Natural Water Retention Measures - Infiltration trenches, http://www.nwrm.eu
29. Individual Natural Water Retention Measures – Rain gardens, http://www.nwrm.eu
30. Individual Natural Water Retention Measures – Infiltration basins, http://www.nwrm.eu
31. David J. Sample, and Lia Doumar, 2013 Best Management Practice Fact Sheet 11: Wet Swale, www.ext.vt.edu
32. Maria Bergman, Mathilde Riis Hedegaard , Mette Fjendbo Petersen , Philip Binning , Ole Mark and Peter Steen Mikkelsen, 2010 Evaluation of two stormwater infiltration trenches in central Copenhagen after 15 years of operation
33. 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
34. 28/2015. (VI. 17.) OGY határozat a biológiai sokféleség megőrzésének 2015–2020 közötti időszakra szóló nemzeti stratégiájáról, 1. melléklet
35. Ashim Bajracharya et al., 2016. Effects of Urbanization on Storm Water Runoff : A Case Study of Kathmandu Metropolitan City, Nepal
36. Pataki et al., 2011. Coupling biogeochemical cycles in urban environments: ecosystem services, green solutions, and misconceptions
37. Goddard et al., 2009. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments
38. Davies et al.,2017 Urban ecology: theory, policy and practice in new south wales, australia
39. Foster et al., 2011. The value of green infrastructure for urban climate adaptation
40. Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Eeurópai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, Környezetbarát infrastruktúra — Európa természeti tőkéjének növelése, Brüsszel, 2013.5.6. COM (2013) 249 final
41. Science for Environment Policy, In-depth Reports, 2012 The Multifunctionality of Green Infrastructure

42. Zöldinfrastruktúra füzetek 1., 2016. Vízáteresztő burkolatok, Vízáteresztő burkolattípusok alkalmazásának útmutatója
43. Global Water Partnership, 2015. Integrált vízgazdálkodás Kelet- és Közép Európában, IVG Kontra EU Víz Keretirányelv
44. Magyar Urbanisztikai Társaság, 2011. Városklíma kalauz (http://www.mut.hu/index.php?module=news&action=getfile&fid=182647)
45. Központi Statisztikai Hivatal, 2015. Magyarország Településhálózata 2. Városok-falvak
46. Ward et al., 2012 Performance of a large building rainwater harvesting system.
47. Illés és társai, 1978. A települések vízgazdálkodása

14. Mrekva László: A zöld infrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyás-szabályozásában /2. rész/

Role of the green infrastructures in stormwater management and urban runoff control

A cikk „A zöld infrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyás-szabályozásában 1. rész" című dokumentum folytatása.

3. Mi a zöld infrastruktúra és mi a szerepe a városi lefolyás-szabályozásban?

3.1 A zöld infrastruktúra 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."[23]

„Az Európai Bizottság Környezetbarát Infrastruktúráról szóló Közleménye szerint ez egy eszköz az ökológiai, gazdasági és társadalmi javak természeten 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."[24]

„Zöld infrastruktúrának nevezzük azokat a természetes és félig természetes területeket, valamint egyéb növényzettel fedett és ökológiai funkciót betöltő területek stratégiailag 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.)."[25] [26]

---

[23] http://www.greeninfranet.org/index.php?page=mi-a-zoeld-infrastruktura

[24] https://www.eea.europa.eu/hu/articles/zold-infrastruktura-jobb-elet-termeszetes-megoldasokkal

[25] 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, 8. oldal

[26] 28/2015. (VI. 17.) OGY határozat a biológiai sokféleség megőrzésének 2015–2020 közötti időszakra szóló nemzeti stratégiájáról, 1. melléklet, 14. oldal

"A zöld infrastruktúra, természetes területeknek, művelt területeknek és egyéb szabadtereknek stratégiailag 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 fordításában)

„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."[27]

3.2. A zöld infrastruktúrák 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 vízkárok 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 felszínek minőségének rendkívül nagy szerepe van a városklíma kialakulásában (**Oláh András Béla, 2012**). A városi felszínek (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.

[27] BIZOTTSÁG KÖZLEMÉNYE AZ EURÓPAI PARLAMENTNEK, A TANÁCSNAK, AZ EURÓPAI GAZDASÁGI ÉS SZOCIÁLIS BIZOTTSÁGNAK ÉS A RÉGIÓK BIZOTTSÁGÁNAK, Környezetbarát infrastruktúra — Európa természeti tőkéjének növelése, Brüsszel, 2013.5.6. COM (2013) 249 final

„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 csapadékcsúcsok esetén a lefolyó csapadékvíz mennyiség lefolyását jelentősen késleltetik." (**Mrekva László Horváthné Pintér Judit, 2010**)

A **Global Water Partnership** (GWP, Globális Víz 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."[28]

A zöld infrastruktúra egyedülálló megközelítés (**Ewers et al. 2009, Lafortezza et al. 2010**)., multifunkcionalitás és bölcs megőrzés (**EEA 2011**), mely összehangolva veszi figyelembe a területfejlesztést és az épített infrastruktúra tervezést (**Benedict és McMahon 2002**).

A városi lefolyást lassító, a zöld infrastruktúrafejlesztést igénylő megoldások együttes célja a víz megőrzése (**A vízgyűjtő-gazdálkodás korszerű gyakorlati megoldásai c. kiadvány**), 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.

3.3. Zöld infrastruktúra típusok

3.3.1. Zöldtetők

[29]

A zöldtetők többrétegű, mesterséges, a vízelvezető-rétegen túl növényzettel borított rendszerek az épületek tetején, melyek kialakításuknak köszönhetően járulnak hozzá az esztétikus zöld városi tájléphez. Az intenzív zöldtetők kialakításából adódóan esetenként jelentős többletteher

[28] Global Water Partnership, 2015 Integrált vízgazdálkodás Kelet- és Közép Európában, IVG Kontra EU Víz Keretirányelv 2. oldal

[29] https://www.google.hu/search?q=Zöldtető&client=opera&hs=Vj4&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjX7YSB4bjWAhVIbFAKHfysB2cQ_AUICigB&biw=2327&bih=891

(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 nemjárható tetők, fontosságuk a környezetre és az épületekre gyakorolt kedvező hatásukban, valamint az esztétikus látvány kialakításában jelentkezik.[30]

„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 evapotranspirációnak[31] köszönhetően. **Stovin** egy kis méretarányú zöldtetőn végzett teszt eredményei (Sheffild, 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 László Horváthné Pintér Judit, 2010**)

Összességében elmondható, hogy a zöldtetők 22-70 %-kal képesek csökkenteni a kifolyási csúcsokat (**Dunn 2007**)[32], a normál tetőszerkezetekhez képest, potenciálisan hozzájárulva a fenntartható városi esővíz-gazdálkodáshoz.

---

[30] Individual Natural Water Retention Measures – Green roofs, http://www.nwrm.eu

[31] Az evapotranspiráció az a vízmennyiség, amely adott növényállományból és a talajból pára alakban a légtérbe távozik. (Dr. Ligetvári Ferenc, 2011 A vízgazdálkodás alapjai)

[32] Individual Natural Water Retention Measures – Green roofs, http://www.nwrm.eu

3.3.2. Áteresztő burkolatok

[33]

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

- porózus vagy többsejtű járdák, kövezet, ahol a víz a teljes felszín felületen keresztül képes beszivárogni,
- áteresztő járdák, kövezet, 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 terepi körülmények között elhelyezhető (kivételt képeznek olyan lokális körülmények, mint pl. a magas talajvízállás, vagy ahol a talaj, vagy a vízvezető réteg szennyezett, fertőzött), akár utakon, járdákon, parkolókban 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 lefolyás csökkentő képessége a szakirodalmi ismeretek alapján 10 és 100% között változik, míg a lefolyási csúcsokat, akár a 90 %-kal is képesek csökkenteni (**Blanc et al 2012**)[34].

Foster és társai (**2011**) kimutatták, hogy az áteresztő burkolatok 70-90 %-kal képesek a lefolyást csökkenteni.[35]

A vízáteresztő burkolatok további előnye, hogy alkalmazásakor csak kisebb vízelvezető 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

---

[33] https://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..0i19k1l4.3244.3244.0.4861.1.1.0.0.0.0.89.89.1.1.0....0...1.1.64.psy-ab..0.1.88....0.X27xIkqoGBM

[34] Individual Natural Water Retention Measures - Permeable paving, http://www.nwrm.eu

[35] Foster et al., 2011 The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation

párologtatni, mellyel jelentősen hűti környezetét. Egyes burkolatok a szemcsék közötti hézagoknak köszönhetően zajcsökkentő szereppel is bírnak.[36]

3.3.3. Növénnyel borított csatornák

[37]

Széles, sekély mélységű, burkolt vagy burkolatlan, növénnyel borított, vegetációs csatornák, melyek a felszíni víz elvezetésre alkalmasak, csökkentik a felszíni lefolyási hányadát és mennyiségét. A fenntartható városi csapadékcsatornázás folyamatán belül a csapadékvíz egy következő szakaszba történő továbbszállítására szolgálnak. A talaj és a talajvíz viszonyok függvényében kerülnek kialakításra az infiltráció fokozása érdekében. A felszíni vízgazdálkodásra való adottság alapján három fajta vegetációs csatornát különböztetünk meg:

- **alap vegetációs csatorna**, a csapadékvíz városi vízgyűjtőről egy következő szakaszba történő elvezetésre szolgál a fenntartható városi csapadékcsatornázás folyamatán belül. Lehetnek burkoltak vagy burkolatlanok, a beszivárgás igényének függvényében.
- **fokozottan száraz vegetációs csatorna**, az alap vegetációs csatornához képest a vegetációs réteg alatt kiképzett szivárgócsöves szűrőággyal készül, ezzel az alap vegetációs csatornához képest többlet csapadékvíz befogadó és szállító képességgel rendelkezik. A szivárgócsöves szűrőágynak köszönhetően a nagyobb csapadéklefolyásoktól eltekintve száraz marad, és megvédi a csapadékcsatornákat 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 hosszantartó kezelése szükséges, egyfajta természetes vizes élőhely állapot fenntartásához.[38]

A nedves vegetációs csatorna jellemzően nedves marad, mivel a csatorna fenékszintje a vízelvezető réteg, illetve a talajvíz szintje alatt van.[39]

---

[36] ZÖLDINFRASTRUKTÚRA FÜZETEK 1., 2016 VÍZÁTERESZTŐ BURKOLATOK, Vízáteresztő burkolattípusok alkalmazásának útmutatója

[37] https://hu.pinterest.com/ezraremy/swales/

[38] Individual Natural Water Retention Measures - Swales, http://www.nwrm.eu

[39] David J. Sample, and Lia Doumar, 2013 Best Management Practice Fact Sheet 11: Wet Swale

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 csapadék eseményekből származó lefolyási viszonyok szabályozására is, éppen 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** (**2004**) kutatásai során Skóciában 52-65 %-os lefolyási csúcs csökkenést is kimutatott.[40]

3.3.4. Infiltrációs/szikkasztó árok

[41]

Az infiltrációs vagy szikkasztó árok sekély mélységű, általában kaviccsal vagy terméskővel feltöltött árok, melyen keresztül a víz beszivárog a mélyebb rétegek felé fokozva a talaj lecsapoló képességét. Ideális esetben az árokkal 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 utánpótlódást is. Más irodalmi adatok 50-90 %-ot jelölnek meg az éves lefolyás mennyiségének csökkentésében (**Bergman et al., 2010**). Az árokban lévő kitöltő közegen és a talajon keresztül képesek megtisztítani a lefolyó vízmennyiséget. Hatékonyan távolítják el a szennyezőanyagokat és az üledéket. Nagyobb fenntartható csapadékvíz tisztító rendszerekkel kombinálva fejtik legjobban hatásukat (egyfajta előtisztító rendszerként funkcionálnak ahol az üledék bemosódás magas lehet). Viszonylag keskeny vonalvezetésüknek köszönhetően a legtöbb helyen alkalmazhatóak. Ideális kiépítésük parkolók, utak mentén továbbá játszóterek, valamint pihenésre kijelölt helyek körül.[42]

---

[40] Individual Natural Water Retention Measures - Swales, http://www.nwrm.eu

[41] https://www.google.hu/search?q=infiltration+trenches&client=opera&hs=q7q&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwikh42LxrnWAhXSh7QKHSojAwoQ_AUICigB&biw=2048&bih=784

[42] Individual Natural Water Retention Measures - Infiltration trenches, http://www.nwrm.eu

3.3.5. Infiltrációs medencék

[43]

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, növénnyel (fa, bokor) borított, alapvetően sekélymélységű, mesterséges medencék. A fenntartható csapadék csatornázás legjobb gyakorlatának részeként lehetővé teszik a vízből az üledék és szennyezőanyagok lerakódást, 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 (pl. parkolók) együtt kerülnek megvalósításra. Növelik a talaj nedvességtartalmát, nagy szerepük van a talajvíz utánpótlásban, a város árvízi kockázat csökkentésében. Az infiltrációs medencék esetén az ideális vízgyűjtőterület nagysága kevesebb, mint 0,2 km^2 és ideálisan a 24 óra alatt összegyülekezett víz 50%-át képes beszivárogtatni (**CREW, 2012**). A medencék hatékonysága függ az altalaj állapotától és a vízgyűjtő terület karakterisztikájától. **Barber és társai** (**2003**) kimutatták, hogy az infiltrációs medencék hatásosan képesek csökkenteni a „kis" csapadékok esetén a lefolyási csúcsot akár 65-87 %-kal, „közepes" csapadék esetén 50-60%-kal és „nagy" csapadék esetén 40%-kal.[44]

3.3.6. Esőkertek

[45]

[43] https://www.google.hu/search?q=infiltration+basin&client=opera&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjL8oiNvcDWAhWMYVAKHTbXBssQsAQILQ&biw=2560&bih=980

[44] Individual Natural Water Retention Measures – Infiltration basins, http://www.nwrm.eu

[45] https://www.google.hu/search?q=rain+gardens&client=opera&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj-qNKRl77WAhXGLVAKHU_8CgMQ_AUICigB&biw=2048&bih=784&dpr=1.25

Az esőkertek kisméretű, növénnyel[46] (fűvel, időszakos elöntést tűrő évelő virágokkal) borított kertek, melyeket esztétikai szerepükön túl tározási és beszivárgás növelő céllal létesítenek (pl. kocsi feljárókról, utcákról, lakóingatlanokon, épületek közelében, a tetőkről lefolyó csapadékvíz összegyűjtésére és beszivárogtatására). Az esőkertek az idő legnagyobb részében szárazok. Jellemzően csak a csapadéktevékenység ideje alatt és közvetlen csak azután tározzák a vizet (12-48 órán belül kiszáradnak).[47]

Az esőkertek nemcsak összegyűjtik, de kiválóan meg is szűrik a csapadékvizet. Flexibilis tervezhetőségüknek és kivitelezhetőségüknek köszönhetően az esőkertek növelik elsősorban a városi területek tájképi értékét, de lakott területeken kívül is alkalmazzák előnyös tulajdonságaikat. Számos esettanulmány készült az esőkertek csapadék lefolyásban betöltött szerepének vizsgálatát illetően. Angliában például kimutatták, hogy az esőkertek az 1-2 éves visszatérési idejű csapadékcsúcsok mennyiségét 70-96 %-ban, az 1-30 éves visszatérési idejű csapadékcsúcsok mennyiségét 8-39 %-ban és az 1-100 éves visszatérési idejű csapadékcsúcsok mennyiségét pedig 4-16 %-ban képesek csökkenteni (**URS, 2013**).[48] Más feljegyzések szerint Kínában pl. nagycsapadék esetén is 77-94 %-os csökkentést is kimutattak.

4. Összefoglalás

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

A megfelelő vízellátás minden közösség működésének előfeltétele. Számos zöld infrastruktúra megoldást a hagyományos víztisztítási szolgáltatások alternatív vagy kiegészítő szolgálatásaként alkalmaznak. Megóvják a talajvizet a szennyezőanyagoktól azáltal, hogy

[46] A növények kiválóan képesek az összegyűjtött vizet elpárologtatni, a párologtatás mértéke természetesen az alkalmazott növény fajtájától és az esőkertek kiterjedésétől függ. Az esőkertek területe a vízgyűjtő területük 5-10 %-a kellene, hogy legyen. (**MDDEFP and MAMROT, 2008**)

[47] http://www.groundwater.org/action/home/raingardens.html

[48] Individual Natural Water Retention Measures – Rain gardens, http://www.nwrm.eu

megszűrik a szennyezett vizet, csapdaként szolgálnak az üledék, az olaj és egyéb szennyezőanyagok számára, enyhítik a meglévő víztisztító infrastruktúrákon lévő nyomást a bioretenció[49] és az infiltráció által úgy, hogy gyűjtik a vizet, beszivárogtatják a talajba.

Az emberiség annak 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 egyaránt a természetes és épített környezet minőséget. Ilyen veszélyforrás a csapadék lefolyás, a lecsökkent vízminőség, a nyári hőmérséklet maximumok, a leromlott és lepusztult vizes és szárazföldi természetes élőhelyek és a városi tájkép, valamint a vízfolyások lecsökkent esztétikai vonzereje. A megváltozott városi földhasználat, az urbanizációs növekedés vitathatatlanul a legnagyobb változást 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 területhasználati gyakorlat miatt hazánkban a mesterséges területek nagysága az elmúlt évtizedben közel duplájára nőtt sürgető csapadékvíz-kezelési problémákat indikálva. A zöld infrastruktúra módszerek javítják vagy helyreállítják a természetes és mesterséges városi területek vízmegőrző képességét, elősegítik a csapadékvíz természetes környezetben történő hasznosulását, szabályozott módon beszivárogtatva a talajba vagy a felszín alatti vizekbe, tehermentesítve az öregedő városi csatornarendszereket (amelyek számára egyre nagyobb kihívást jelent a megváltozott eloszlású esőzések kezelése) alkalmazkodva az éghajlatváltozás hatásaihoz.

Sokrétűségüknek köszönhetően a zöld infrastruktúrák 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.[50]

A felszíni vízelvezetés rendszerében előforduló hiányosságok a településen élők életkörülményeit, a település környezeti állapotát alapvetően befolyásolja. Ezért a modern

---

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

[50] Natural Water Retention Measures In Europe - Guide, http://www.nwrm.eu

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 (elégséges infrastrukturális háttér biztosítása) a város fenntartható működése érdekében. A településszerkezeti tervekben integrált és komplex módon kell megjeleníteni a zöld infrastruktúra fejlesztések városszerkezeti szintű javaslatait a vízgazdálkodás, a vízellátás a szennyvíz- és csapadékvíz elvezetés és a felszíni vízrendezés szempontjából.

A jövőbeli fenntárható városi csapadékvíz-gazdálkodás célja helyreállítani a természetes vízkörforgást annak eredeti funkciója szerint úgy, hogy egyrészt növeljük, a városi területeken a csapadékvíz beszivárgást másrészt elősegítjük az evaporáció és/vagy evapotranspiráció folyamatát. Az egyik legegyszerűbb módja ennek, hogy megóvjuk ezeket a többfunkciós városi zöld területeket, mert

- a megnövekedett infiltráció 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 mikroklímát, és
- rekreációs célokra is alkalmasak.

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

Felhasznált irodalom

48. Niemczynowicz J., 1999. Urban hydrology and water management – present and future challenges. Urban Water,
49. Vörösmarty C.J. et al., 2000 Global water resources: vulnerability from climate change and population growth.
50. Weeks J.R., 2010. Defining urban areas.
51. Pirisi Gábor és Trócsányi András, Általános társadalom- és gazdaságföldrajz (http://tamop412a.ttk.pte.hu/files/foldrajz2/)
52. Szilágyi János Ede, 2016. A vízhez kötődő káresemények jogi szabályozása – előtanulmány
53. Takács-Sánta András, 2007. A globális éghajlatváltozás
54. Kiss Gábor, 2015. Klímaváltozás: hatások és felkészülés Magyarországon
55. T. V. Ramachandra, Pradeep P. Mujumdar, 2009. Urban Floods:Case Study of Bangalore
56. Justin Reale, Urban streams (https://riverrestoration.wikispaces.com/Urban+streams)
57. Gyulai Iván, A fenntartható fejlődés – Megoldások a fenntartható fejlődés felé, KEOP-6.1.0/B/11-2011-0142
58. Mrekva László, 2014. A földhasználat szerepe a városi árvízi kockázatkezelésben
59. WMO/GWP Associated Programme on Flood Management, Urban Flood Risk Management – A Tool for Integrated Flood Management
60. http://www.eea.europa.eu/hu/themes/landuse/intro
61. MKIK Gazdaság- és Vállalkozáskutató Intézet Budapest, 2015. A klímaváltozás várható gazdasági hatásai Magyarországon 2020-2040
62. Gayer József–Ligetvári Ferenc, 2007. Települési vízgazdálkodás csapadékvíz-elhelyezés
63. Horoszné Gulyás Margit, 2012. Lefolyás-szabályozás és talajvédelem
64. 27/2015. (VI. 17.) OGY határozat 1. melléklet, 4. NEMZETI KÖRNYEZETVÉDELMI PROGRAM 2015–2020
65. Kováts-Németh Mária, Bodáné Kendrovics Rita, Juvancz Zoltán, 2015. Környezetpedagógia a fenntarthatóságért Klímaváltozás és a fenntartható vízgazdálkodás összefüggései egy vízminőség-védelmi projektben
66. Prof. Emer. Dr. Szabó Gyula, 2010. A településrendezési tervek és a birtokrendezés kapcsolódásai, informatikai támogatottság
67. 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről
68. Oláh András Béla, 2012 A városi beépítettség és a felszíntípusok hatása a kisugárzási hőmérsékletre - doktori értekezés

69. Mrekva László, Horváthné Pintér Judit, 2010. A zöldtetők szerepe a csapadékvíz felhasználásban és átmeneti tározásában a városi területeken
70. KEOP-7.9.0/12-2013-0007 projekt azonosító számú kiadvány, A vízgyűjtő-gazdálkodás korszerű gyakorlati megoldásai
71. Natural Water Retention Measures In Europe - Guide, http://www.nwrm.eu
72. Individual Natural Water Retention Measures – Green roofs, http://www.nwrm.eu
73. Individual Natural Water Retention Measures - Permeable paving, http://www.nwrm.eu
74. Individual Natural Water Retention Measures - Swales, http://www.nwrm.eu
75. Individual Natural Water Retention Measures - Infiltration trenches, http://www.nwrm.eu
76. Individual Natural Water Retention Measures – Rain gardens, http://www.nwrm.eu
77. Individual Natural Water Retention Measures – Infiltration basins, http://www.nwrm.eu
78. David J. Sample, and Lia Doumar, 2013 Best Management Practice Fact Sheet 11: Wet Swale, www.ext.vt.edu
79. Maria Bergman, Mathilde Riis Hedegaard , Mette Fjendbo Petersen , Philip Binning , Ole Mark and Peter Steen Mikkelsen, 2010 Evaluation of two stormwater infiltration trenches in central Copenhagen after 15 years of operation
80. 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
81. 28/2015. (VI. 17.) OGY határozat a biológiai sokféleség megőrzésének 2015–2020 közötti időszakra szóló nemzeti stratégiájáról, 1. melléklet
82. Ashim Bajracharya et al., 2016. Effects of Urbanization on Storm Water Runoff : A Case Study of Kathmandu Metropolitan City, Nepal
83. Pataki et al., 2011. Coupling biogeochemical cycles in urban environments: ecosystem services, green solutions, and misconceptions
84. Goddard et al., 2009. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments
85. Davies et al.,2017 Urban ecology: theory, policy and practice in new south wales, australia
86. Foster et al., 2011. The value of green infrastructure for urban climate adaptation
87. Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Eeurópai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, Környezetbarát infrastruktúra — Európa természeti tőkéjének növelése, Brüsszel, 2013.5.6. COM (2013) 249 final
88. Science for Environment Policy, In-depth Reports, 2012 The Multifunctionality of Green Infrastructure

89. Zöldinfrastruktúra füzetek 1., 2016. Vízáteresztő burkolatok, Vízáteresztő burkolattípusok alkalmazásának útmutatója
90. Global Water Partnership, 2015. Integrált vízgazdálkodás Kelet- és Közép Európában, IVG Kontra EU Víz Keretirányelv
91. Magyar Urbanisztikai Társaság, 2011. Városklíma kalauz (http://www.mut.hu/index.php?module=news&action=getfile&fid=182647)
92. Központi Statisztikai Hivatal, 2015. Magyarország Településhálózata 2. Városok-falvak
93. Ward et al., 2012 Performance of a large building rainwater harvesting system.
94. Illés és társai, 1978. A települések vízgazdálkodása

15. Goda Zoltán: A villámárvizek meteorológiai háttere

Meteorological background of flash floods

Kivonat

A villámárvizek okozta kockázati tényezők és károk indokolják a téma mélyreható kutatását. A jelenség összetett, hiszen kialakulásában a rövid idő alatt jelentős csapadékot adó konvektív zivatarok mellett szerepet játszik a domborzat, az érintett terület hidrológiai és geológiai viszonyai, valamint – lakott terület esetén – a településszerkezeti és csapadékvíz elvezetési tényezők. A jelenség meteorológiai hátterét vizsgálva a lassú mozgású és jelentős, 30mm/30 perc, vagy annál nagyobb csapadékot adó zivatarok estén jelentős a villámárvíz kialakulásának valószínűsége. A meteorológiai modellek még nem minden esetben elegendően pontosak és megfelelő felbontásúak a jelenség pontos előrejelzéséhez, de ezen a téren fejlődés tapasztalható. E fejlődésre pedig mindenképpen szükség van, hiszen a klímaváltozás hatására valószínűsíthető, hogy az éves csapadékösszeg egyre nagyobb százaléka ér földet heves zivatarok formájában.

Kulcsszavak: villámárvíz, heves zivatar, konvektív csapadék, klímaváltozás

Abstract

The risk factors and damages caused by flash floods justify the thorough research of the subject. The phenomenon is complex, because in its formation not just the convective thunderstorms that give significant precipitation is important. The relief, the hydrological and geological factors of the affected area and in the case of inhabited areas the rainwater drainage system not less important. Researching the meteorological background of the phenomenon, there is a significant probability of the formation of flash floods in the case of slow motion and heavy (30mm/30minutes) precipitation thunderstorms. The meteorological models are not always sufficiently accurate and have the right resolution to predict the phenomenon, but there are some developments in this case. This development is inevitable, as because of climate change an increasing percentage of annual precipitation fall to the ground from heavy thunderstorms.

Keywords: flash flood, heavy thunderstorm, convective precipitation, climate change

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, amely 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 és 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). Fenti tényezők közül e cikkben a villámárvizek meteorológiai hátterével foglalkozunk.

Meteorológiai meghatározás

A villámárvíz meteorológiai definícióját legjobban a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), azaz az 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 felhajtóérő mértékét az un. konvektív hasznosítható potenciális energia, a CAPE (Convective Available Potential Energy) index-szel tudjuk meghatározni. E felhajtóerőt több paraméter is befolyásolja.

„A felhajtóerő (pozitív előjellel) olyan felfelé ható erő, mely egy légrész és a környező levegő közti sűrűségkülönbség révén alakul ki. Ez az erő a légrészek függőleges gyorsulását idézi elő, ily módon alapvető szerepet játszik a konvektív fel- és leáramlások létrejöttében. Számos tényező növelheti, ill. csökkentheti a légrészekre ható felhajtóerőt. A hőmérséklet és a páratartalom emelkedése fokozza, míg a kondenzáció során megjelenő (lebegő) felhőcseppek és a hulló csapadék csökkenti a felhajtóerőt.” [1]

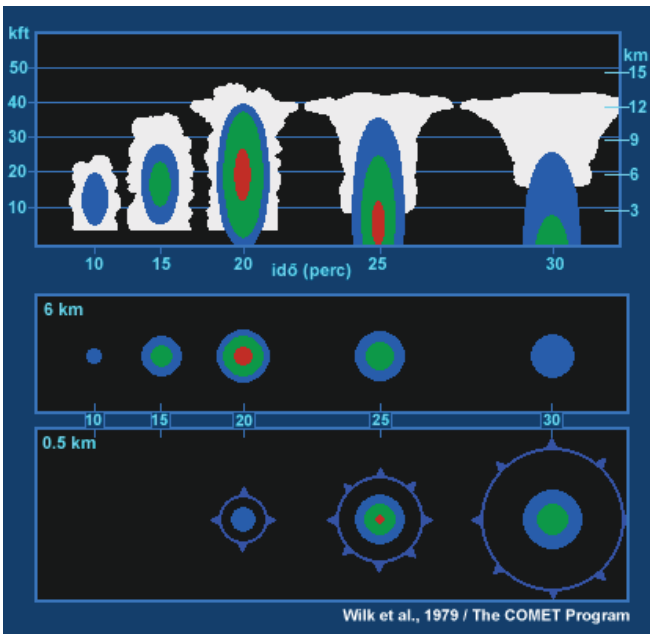
A zivatar energiáját adó felhajtóerő mellett másik fontos paraméter a potenciálisan kihullható vízmennyiség, azaz a konvektív folyamatok kiindulásakor, illetve a folyamat alatt rendelkezésre álló légköri vízgőztartalom. Ez az érték határozza meg a leginkább a várható csapadék mennyiségét, de le kell szögeznünk, hogy relatív értékről beszélünk, azaz adott légréteg hőmérsékleti viszonyaitól függ. Amennyiben ez az érték magas, azaz 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, amely a szélsebesség vektor térbeli változását jelenti. Leggyakrabban két légköri réteg egymáshoz viszonyított szélsebesség vektorának 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 vizsgálandó, amely erősítheti, vagy gyengítheti a zivatart, meghatározza a kialakulásának helyét, a mozgásának sebességét, vagy a cellák rendszerbe fejlődését.

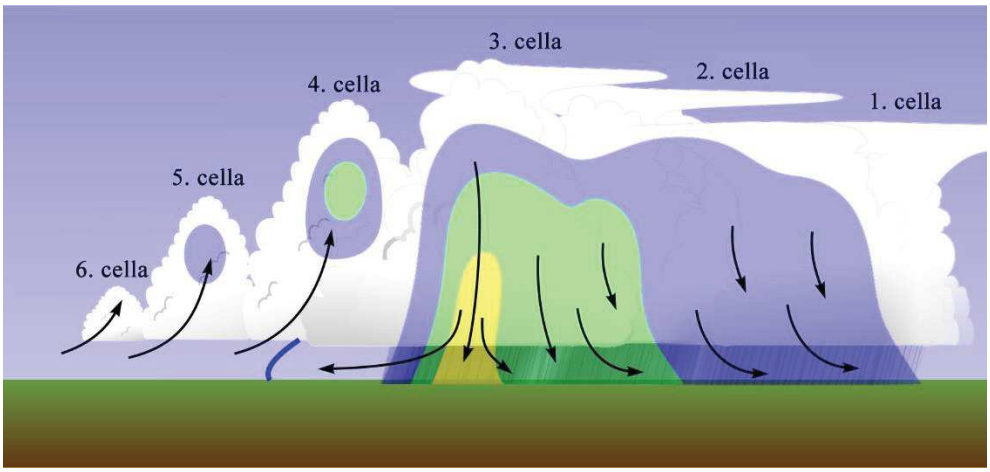
A zivatarok evolúciója

A zivatarok legegyszerűbb változata az un. 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 un. pulse type zivatar alakulhat ki. Ilyenkor az adott területen ismételt csapadékhullás várható, de a két zápor között általában hosszabb-rövidebb szünet jellemző.



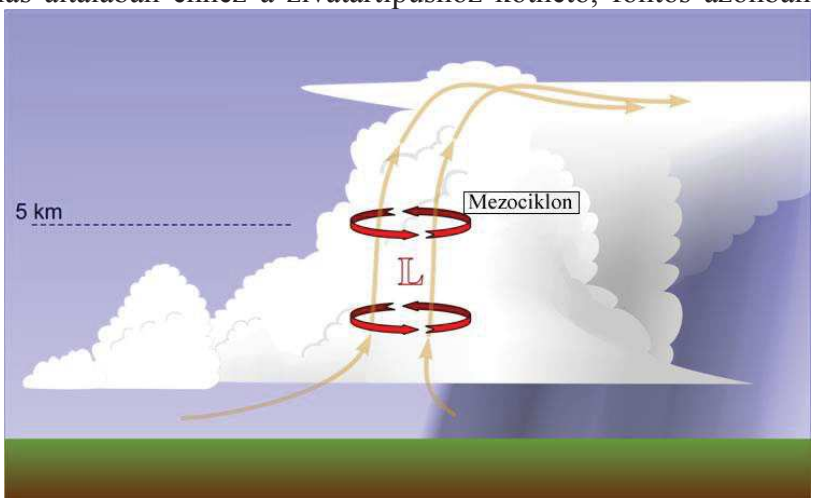
1. ábra. Egycellás zivatar életciklusa [2]

Feljettebb zivatartípus a multicellás zivatar, ahol 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.



2. ábra. Multicellás zivatar szerkezete és fejlődési stádiumai [3]

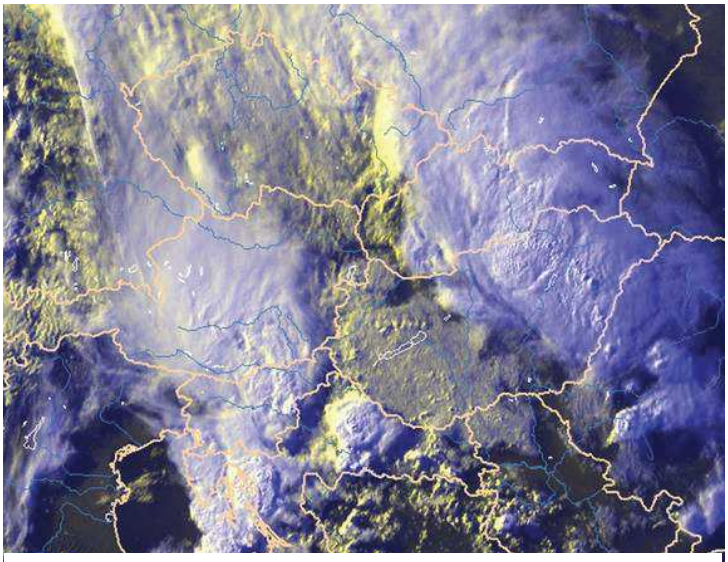
A legfejlettebb zivatartípus a szupercellás zivatar, amely a jelentős szélnyírásnak köszönhetően forgó feláramlást, un. mezociklont tartalmaz. A szupercellás zivatar a heves meteorológiai események széles skáláját képes felvonultatni a felhőszakadástól a szignifikáns jégesőn át a tornádókig. Esetünkben a szupercellák jelentős csapadékot adó, un. HP (high precipitation) szupercella érdekes, amely rövid idő alatt igen nagy mennyiségben lehulló csapadékért felelős. A legintenzívebb csapadékhullás általában ehhez a zivatartípushoz köthető, fontos azonban tudnunk, hogy a szupercellás zivatarokra a gyors mozgás is jellemző, azaz adott terület felett viszonylag rövid idő alatt áthalad. Villámárvíz tekintetében bár komoly kockázatot hordozó jelenség, mégsem ennél a típusnál a legnagyobb a kockázat.



3. ábra. Szupercellás zivatar és a mezociklon [4]

Amíg fejlettségét tekintve egyértelműen a szupercellás zivatar áll a lista élén, addig kiterjedésüket tekintve az un. mezoskálájú konvektív rendszerek (MKR) érdemelnek figyelmet. A jellemzően multi-, vagy szupercellás zivatarok több cellája rendszerbe szerveződve akár több tízezer km^2-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.



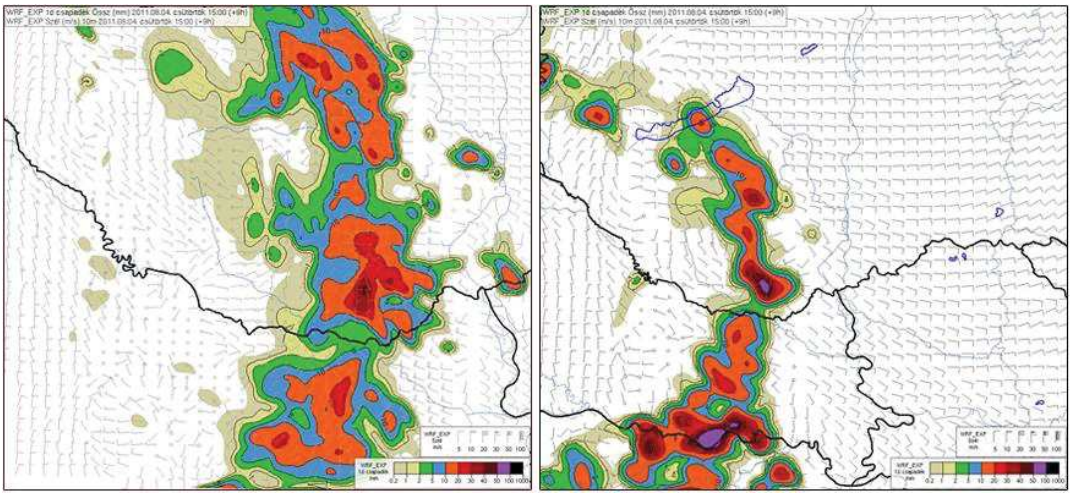
4. ábra. Két MKR felhőzete MSG HRV kompozit műholdképen 2017.07.14-én [5]

A mezoskálájú rendszerek legnagyobb változata a mezoskálájú konvektív komplexum (MKK), amelyre jellemző, hogy legalább 100.000 km^2 kiterjedésű, -32 °C hőmérsékletű és legalább 50.000 km^2, -52°C hőmérsékletű felhőtetővel bír. Azaz egy Magyarországnál lényegesen nagyobb, összefüggő zivatar-rendszerről beszélhetünk. Órákon át tartó, váltakozó intenzitású csapadék, heves villámtevékenység és szinte folyamatos viharos szél jellemzi.

A villámárvíz kialakulásában igazán komoly szerepet az un. konvergencia vonalak mentén kialakuló zivatarok, zivatarrendszerek játszanak. Két, horizontálisan mozgó légtömeg találkozásánál a nyomásemelkedést kiegyenlítendő 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 zivatarképződést. Mivel a konvergenica vonal 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

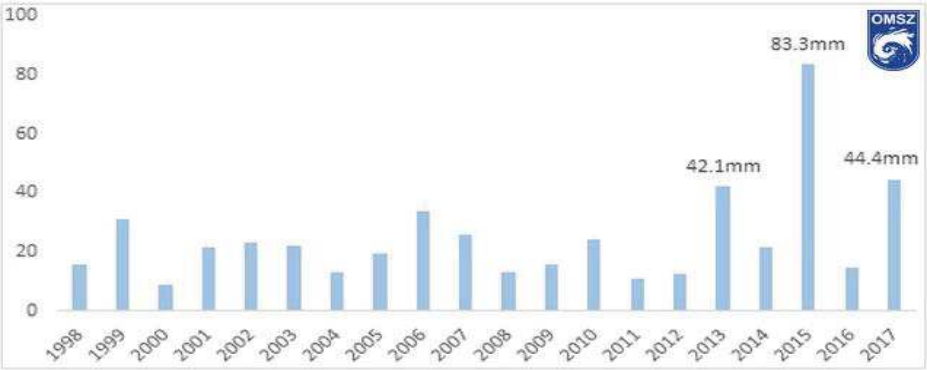
A meteorológiai és hidrológiai modelleknek köszönhetően, bizonyos paramétereket figyelembe véve adott területre ma már előrejelezhető az intenzív csapadékhullás. E modellek felbontása azonban gyakran még kisebb, mint az érintett terület mérete és domborzati változatossága, így voltaképpen csak régiókra tudunk előrejelzést készíteni. Az előrejelzések pontosításához, kalibrálásához szükséges adatok gyűjtése is nehézségekbe ütközik. Ennek oka részben a heves csapadékot 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) [6]



5. ábra. Egy gyengébb és egy nagyobb felbontású modell futásának eredménye (OMSZ) [6]

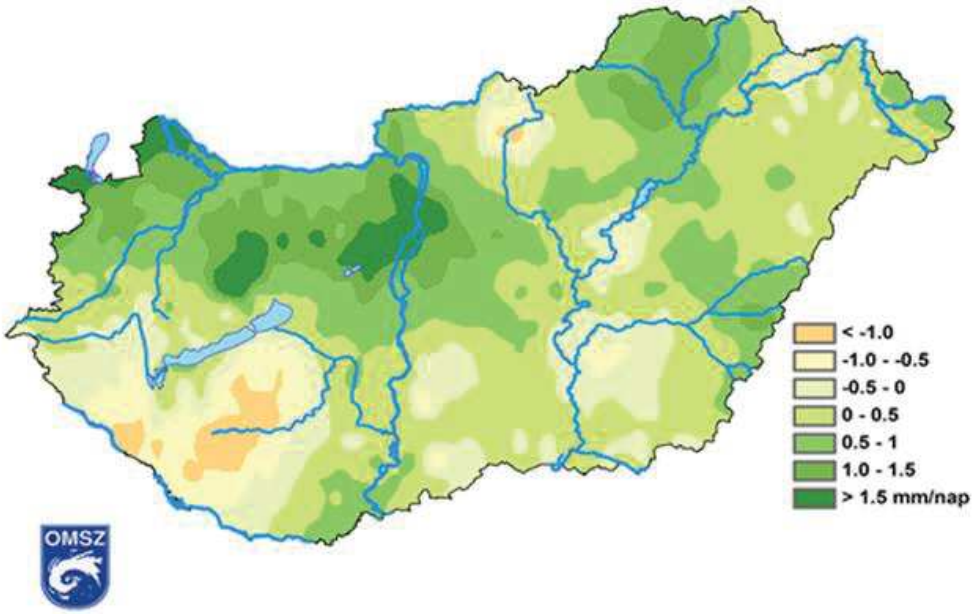
Gyakoriság változás

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 idősoron három kiugrást láthatunk, mindhárom az utóbbi évekből. (6. ábra)



6. ábra. A legmagasabb órás csapadékösszegek évente a Budapest belterület állomáson (OMSZ) [7]

Mivel a heves csapadékkal járó zivatarok hazánkban a nyári félév jellemzői érdemes megvizsgálnunk a nyári időszak napi csapadékosság változását. Ez az érték a lehullott csapadékösszeg és a csapadékos napok hányadosából adódik, így változásából következtetést vonhatunk le a nyárra jellemző szélsőséges csapadékkal járó események gyakorisága és annak változása kapcsán. Az 1961. és 2015. közötti időszakban a csapadékosság országosan 1 mm-rel emelkedett, azaz 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 dél-nyugati 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 (OMSZ) [7]

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 rövidtávú prognózis készítésével és folyamatos aktualizálásával értékes idő nyerhető, amely a villámárvizek okozta problémák megelőzésére és a károk mérséklésére fordítható.

Irodalomjegyzék

1. MOLNÁR Ákos, POLYÁNSZKY Zoltán (é.n.): *A konvekció alapjai I. - Felhajtóerővel kapcsolatos alapismeretek* Forrás: http://szupercella.hu/node/284 (A letöltés dátuma 2017. 09.20.)
2. MOLNÁR Ákos, (é.n.): *A konvekció alapjai III. - A szélnyírás és a konvekció kapcsolata* Forrás: http://szupercella.hu/node/300 (A letöltés dátuma 2017. 09.20.)
3. Grenci, LEE (2014): *Types of Discrete or SemiDiscrete Thunderstorms, Multicell storms* Forrás: https://courseware.e-education.psu.edu/courses/meteo361/www.e-education.psu.edu/meteo361/l5_p5.html (A letöltés dátuma 2017. 09.20.)
4. Grenci, LEE (2014): *Types of Discrete or SemiDiscrete Thunderstorms, Supercells* Forrás: https://courseware.e-education.psu.edu/courses/meteo361/www.e-education.psu.edu/meteo361/l5_p6.html (A letöltés dátuma 2017. 09.20.)
5. HORVÁTH Ákos (2017.): Heves zivatarrendszerek a Dunántúlon Forrás: http://met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1948&hir=Heves_zivatarrendszerek_a_Dunantulon (A letöltés dátuma 2017. 09.20.)
6. SIMON André (2011.): Heves csapadékot és villámárvizeket okozó zivatarok előrejelzése előadás, Országos Meteorológiai Szolgálat
7. LAKATOS Mónika ÉS HOFFMANN Lilla (2017.): Rendkívüli csapadékhullás Budapest belvárosában Forrás: http://met.hu/ismerettar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1885&hir=Rendkivuli_csapadekhullas_Budapest_belvarosaban (A letöltés dátuma 2017. 09.20.)

III. fejezet: Csatornahálózatokra gyakorolt hatások és a fenntartható csapadékcsatornázás szekció

16. Dulovics Dezsőné: A települési csapadékvíz-gazdálkodás csatornahálózatra gyakorolt hatásai

Stormwater management of settlements are closly interwined with those of drain- and sewer systems

ABSTRACT

Traditional sewer systems – combined as well separate - are only partially provide the theory for sustainable stormwater management. Such that would make it possible to have a system for water reuse, and a closed cycle of economic management.

The „modified" drain- and sewer systems, which separate the clean and polluted rainwater into drain- and sewer systems, are built on the theory of „0 waste".

To solve the problems due to climate change, we also need to perform a very large number of measurements on altered urban-hydrological cycles (for example precipitation, evaporation, infiltration and so on) which are the results of climatic changes.

We have to work in cooperation with specialists in the field of architecture, urban planning, ecology, sanitary – and civil engineering in order to establish the sustainable urban water management in the collecting and reuse of stormwater.

1. Bevezetés

A települési hidrológiai körfolyamat a vízkörforgásnak a települési vízgyűjtőterületen lezajló részfolyamata, melyet 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 követelményt állított reflektorfénybe, amelyek ennek a szemléletnek a megváltoztatását követelték, és a mentesítés helyett,- amennyiben lehetséges,- a hasznosulás és a hasznosítás prioritásának előtérbe helyezését írták elő, a települési csapadékvíz-gazdálkodás komplex tevékenységének létrejötteként. A hasznosulás a vízgyűjtőterületen 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 et al 1978., Dulovicsné 2003., 2004.a., Horváthné et Wisnovszky 2003., Gayer, J. 2004., Gayer et Ligetvári, 2007., Buzás, 2008., Csapák, 2009., Asztalos, 2010.).

A vízgyűjtőterületen a csapadéklefolyás csökkentésének számos formája van, melyek, komplex módon elsősorban tájökológiai módszerek révén valósulnak meg, és amelyeket szintén feldolgozott a hazai szakirodalom (Buzás, 2015., Bardóczyné, Sz. E. 2016.).

Ez a folyamat mind a vízgyűjtőterületi alkalmazkodás, mind pedig a csatornázási rendszer kialakítása szempontjából módosítást igényelt. Jelen tanulmány elsősorban a csatornázási rendszerek átalakulásában, továbbfejlődésében bekövetkező azon változásokat vizsgálja, melyek a települési csapadékvíz-gazdálkodás miatt a vízhozam- és szennyeződés-transzportfolyamatok létrejöttének módosulásában jelennek meg. Ezt 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 szaniter rendszerek és az újra-használat kapcsolata szempontjából, a "kellő-mértékű" szennyvíztisztítás fogalmi körének kiszélesítése és integrálása, mely utóbbiakat azonban jelen tanulmány, elsősorban terjedelmi okok miatt nem vizsgálja.

2. A települési csatornahálózatok klasszikus rendszerei, és kapcsolatuk a települési csapadékvíz-gazdálkodással

A fenti 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, mint ahogyan korábbi tanulmányainkban bemutattuk (Dulovics et al. 1978), (Dulovicsné 1999, 2002, 2003, 2004.a., 2004.b.,) a különféle csatornázási rendszerek a csapadékkérdés technikai megoldását különböző módokon valósítják meg.

A MaSzeSz - ATV (- majd DWA) együttműködése során a német szakembergárda előadásai (pl. Kőnig, 2002) és tapasztalatcseréi jelentős hatást gyakoroltak ennek a tématerületnek a hazai fejlődésére

2.1 Egyesített csatornázási rendszer hatása a települési csapadékvíz-gazdálkodásra

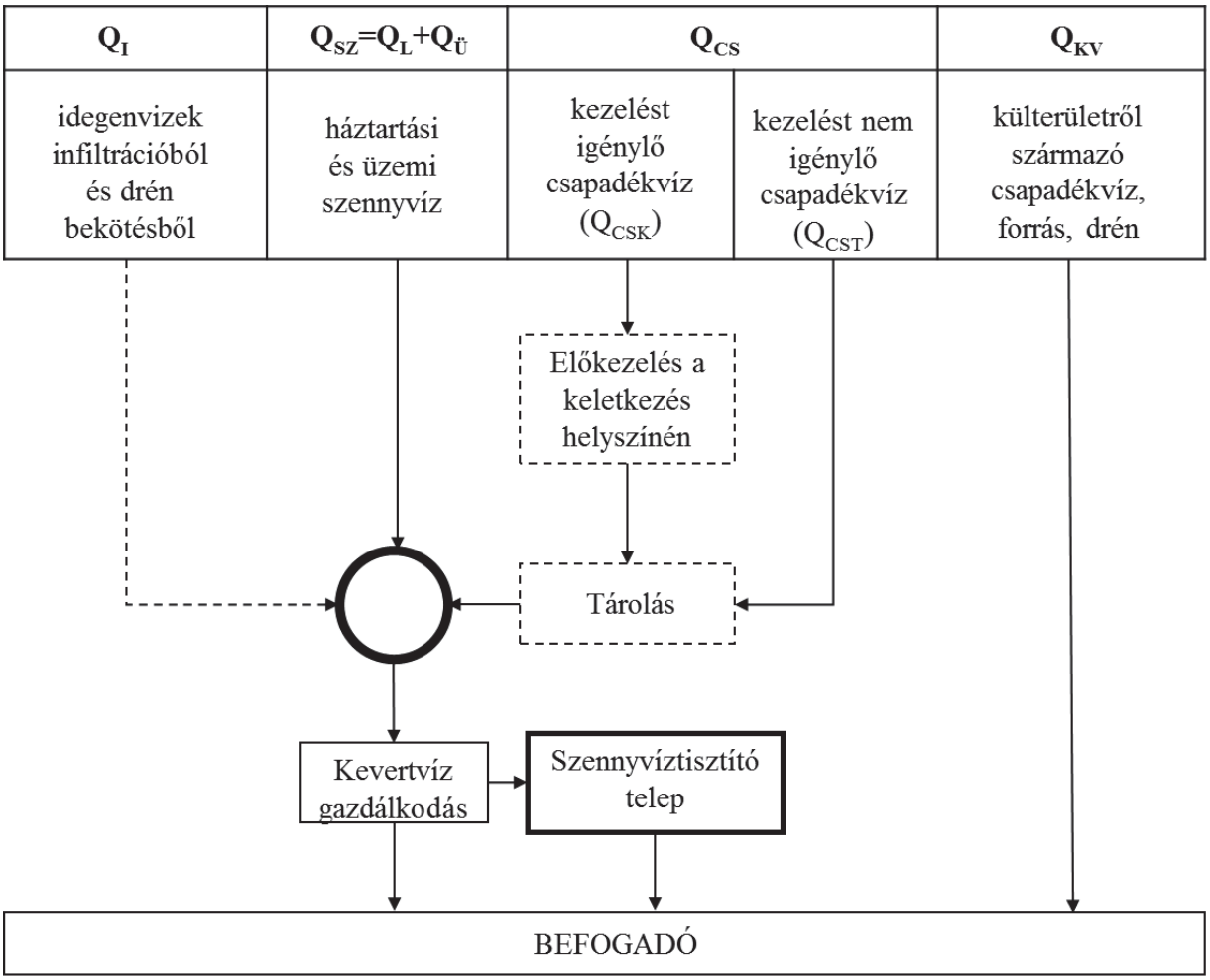
Az újkori csatornázás londoni példája szerint a csatornázás hőskorában **az egyesített** csatornázási rendszerben csapadékos időszakban az összes elvezetendő víz, - a szennyvíz és a csapadékvíz – "összeöntésre" került, és jutott el a bővizű befogadóba, a kezdetekben biológiai tisztítás nélkül (Juhász 2008). Majd, mikor a befogadók már nem voltak terhelhetők a korábbi

mértékig, alkalmazták a záporkiömlőket, a hígított vizek tehermentesítésére, a vészkiömlőket a telep védelmére, és vezették tisztítótelepre a főgyűjtő csatornák által szállított szennyvizet (**1. ábra**). Csapadékvíz-gazdálkodást eme rendszer által szállított vízzel nehéz elérni, különösen a szennyezett, kevert vízminőség miatt. E rendszer legnagyobb hibáinak a szennyvíztisztító telepeket érő egyenlőtlen terhelést és a záporkiömlőket tekinthetjük. Ez utóbbiaknál ugyanis koncentrálva terheljük a befogadókat a szennyezett hígított vízzel, ha nem alkalmazunk tárolást és tisztítást.

A nem szennyezett vizek, úgymint: a 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 és okoz egészségügyi kockázatot.

A szennyvízcsatorna-hálózat a térszín alatt, a talajban kerül elhelyezésre, általában mélyen, a bekötések visszaduzzasztásának megelőzése érdekében, és vízzáróságának hiányossága esetén **idegen vízként** beszivárgással, **infiltrációval** és ezen felül a telkek víztelenítését szolgáló drén bekötésekkel 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 vízgyűjtőterületen a vízfolyások vízállását és -szállítását is. A talajvízszint csökkentésének ez a módja magas talajvízállású területeken azonban természetesen előnyös is lehet.



31. ábra Egyesített csatornázási rendszert terhelő vizek (ÖWAV 2008, Dulovicsné, 2008)

A vízgyüjtőterületi visszatartás segítségével a kezelést nem igénylő víz, hasznosulása és hasznosítása esetén csökkenthető ugyan a csatornarendszer terhelése, akár decentralizált tárolással, akár beszivárogtatással, de utólagos beavatkozást és átépítést igényel ezeknek a lehetőségeknek az alkalmazása az eredetileg gyors elvezetést biztosító egyesített rendszerben.

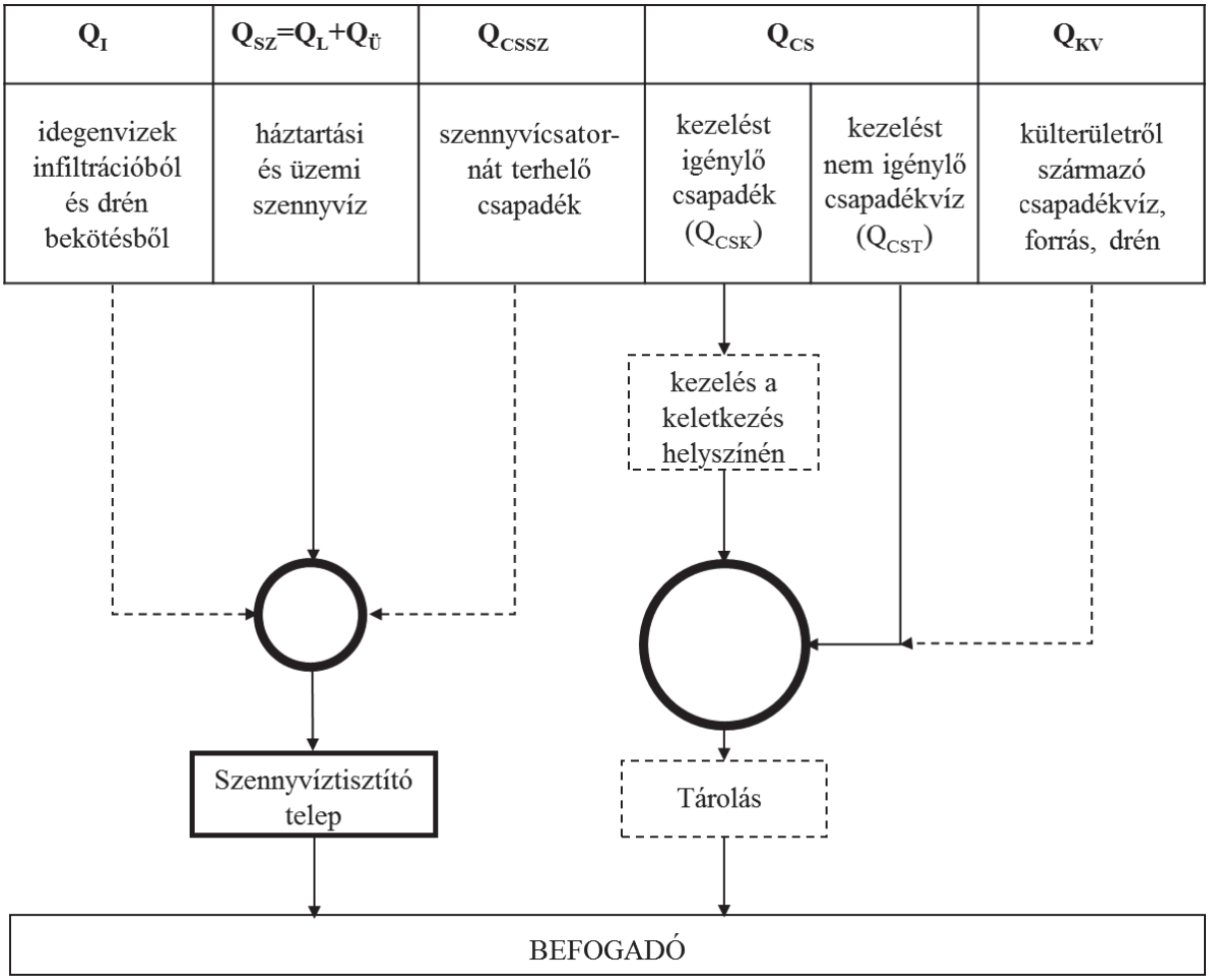
Az egyesített rendszereket jobban érinti az éghajlatváltozásból adódó, extrém nagyságú csapadék események gyakoribb megjelenése, amely a rendszer esetleges túlterhelésén túl az infiltrációból eredő idegen vizek mennyiségét növelheti, és a rendszerből szennyezett víz kiöntéseket okozhat (Dulovicsné, 1993).

2.2. Elválasztott csatornázási rendszer és hatása a települési csapadékvíz-gazdálkodásra.

A **2. ábrán** látható vázlat mutatja be, hogy az **elválasztott** csatornázási rendszer legalább két vezetékhálózatból áll, az egyik a szennyvízcsatorna, ez vezeti le a települési szennyvizet, a másik a csapadékvíz elvezetésére szolgáló csapadékcsatorna 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, újra-használattal tehermentesíteni, csak figyelemmel kell arra lenni, hogy a kezelést igénylő és nem igénylő hányadokat nem választjuk el egymástól, tehát az újra-használat 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 un. szabálytalan bekötések is megjelennek. Ez azt eredményezi, hogy az elválasztott rendszer bizonyos mértékig egyesítetté válik és a szennyvíztisztítást nem, vagy nem teljes mértékben tehermentesítettük az egyenlőtlen terheléstől. Magas talajvízállású területeken ez a hatás a szennyvíztisztító telep kiöblítését, és ez által a biológiai tisztítás ellehetetlenülését eredményezheti, hiszen a csapadékvíztől való területmentesítés az ingatlantulajdonosok számára fontos érdek és ezért a szennyvízcsatornába történő szabálytalan csapadék-bekötéseket 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 csapadékot.



32. ábra Elválasztott csatornázási rendszert terhelő vizek (ÖWAV, 2008, Dulovicsné, 2008)

Ez az elválasztott rendszer is a mihamarabbi elvezetést tartja szem előtt és általában nem foglalkozik a hasznosulással, hasznosítással, bár 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 pl. gépjárművek, közlekedési eszközök, közutak mosása, tűzivízkénti oltóvíz-felhasználás, csatornahálózati öblítés, ipari vízfelhasználás mosási, szállítóvízként, mesterséges városi vízfelületek, stb. kialakítása érdekében (Dulovicsné, 2016) jön szóba a hasznosítása.

Hazánkban a víziközművesítést "ollók" jellemezték és jellemezik 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, és nem volt kapacitás, valamint anyagi erő a csapadékkérdés közműves és fenntartó-gazdálkodás szemléletű megoldásáho. A Víziközmű törvény pedig nem tekinti közműnek a csapadékvizet elvezető műveket, és az önkormányzatok feladatkörébe utalja azt. Az önkormányzatok viszont

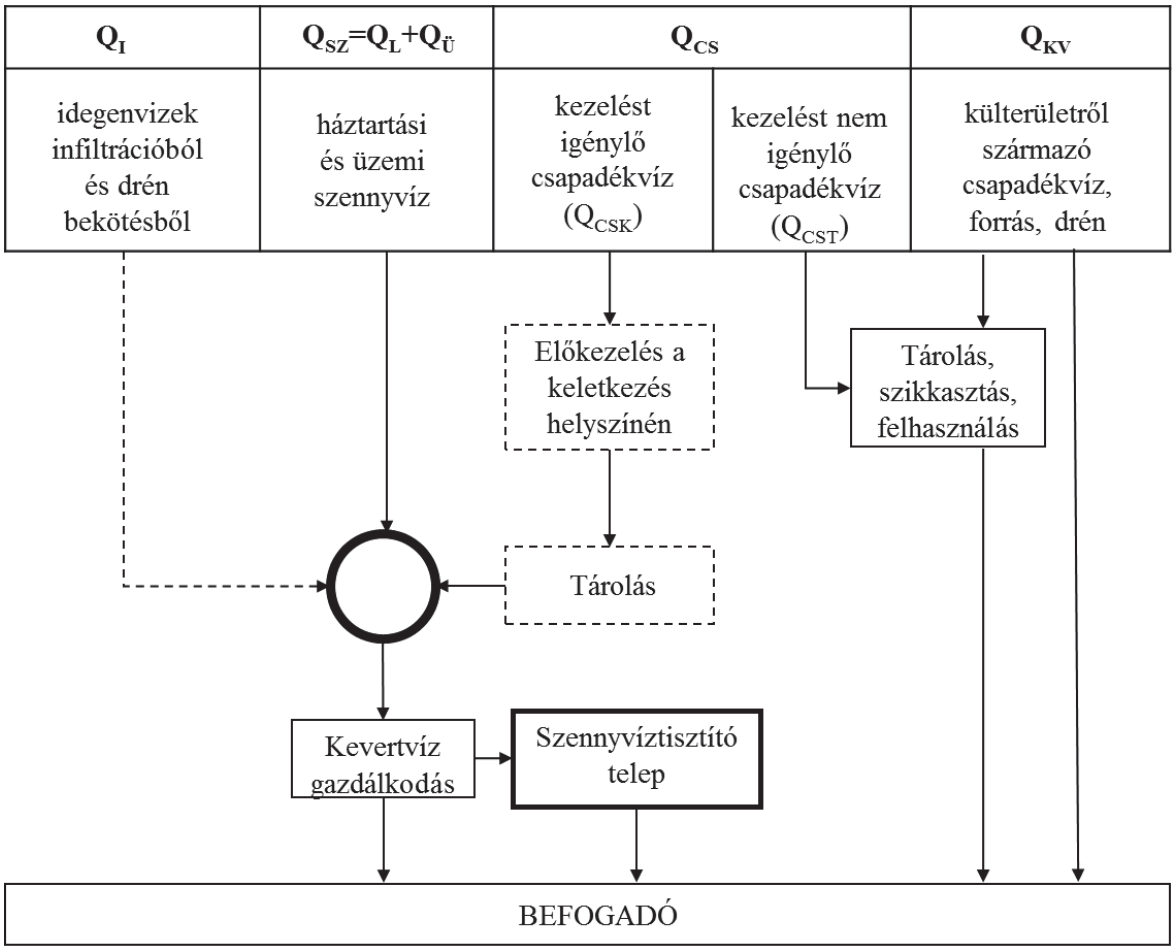
a gyakorlatban általában anyagi és szervezési hiányok miatt csak probléma esetén kezelik a kérdést, ez viszont a Katasztrófavédelem terheit növeli. Most, hogy a szennyvízelvezetés és - tisztítás már közel teljes körűnek tekinthető, most kell olyan megoldásokat alkalmazni a települési csapadékvíz-gazdálkodásban, amely a települési hidrológiai körfolyamat egészének figyelembe vétele mellett, a klímaváltozás, az ökológia, a településgazdálkodás – és rendezés, az urbanizáció és a virtuális vízigény-növekedés tendenciáit is kielégítő és fenntartható integrált rendszereket eredményez. Ehhez kell a következőben részletezésre kerülő javított csatornázási rendszereket alkalmazni, és kielégíteni velük a kor által megszabott igényeket, a vízminőség védelmét valamint a hasznosítás és hasznosulás szempontjait is figyelembe véve.

3. A javított rendszerek, és ezek hatásai az ökológiai egyensúlyt fenntartó csatorna-gazdálkodásra, a vízhozam- és a szennyeződés-transzportra

A javított – vagy egyesek által módosítottnak („modified”-nak) 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 csapadékminőség elválasztása szempontjából, vagyis megkülönböztethető a javított egyesített-, és a javított elválasztott csatornázási rendszer.

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

A javított egyesített rendszer, ahogy azt a **3. ábra** is vázlatosan mutatja, már külön választja a tisztítást nem igénylő és igénylő csapadékvíz elhelyezését. A szennyvíz és tisztítást igénylő csapadékvíz közös-, míg a tisztítást nem igénylő csapadékvíz önálló rendszerben kerül elhelyezésre. A szétválasztás már a vízgyűjtő területen megvalósul. Módja azonban itt 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, amikor a tetővizeket külön gyűjtjük, és 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, beszivárogtatás és hasznosítás útján, a tárolásnak köszönhetően a csúcslefolyást csökkentve vezethető a befogadó(k)ba.



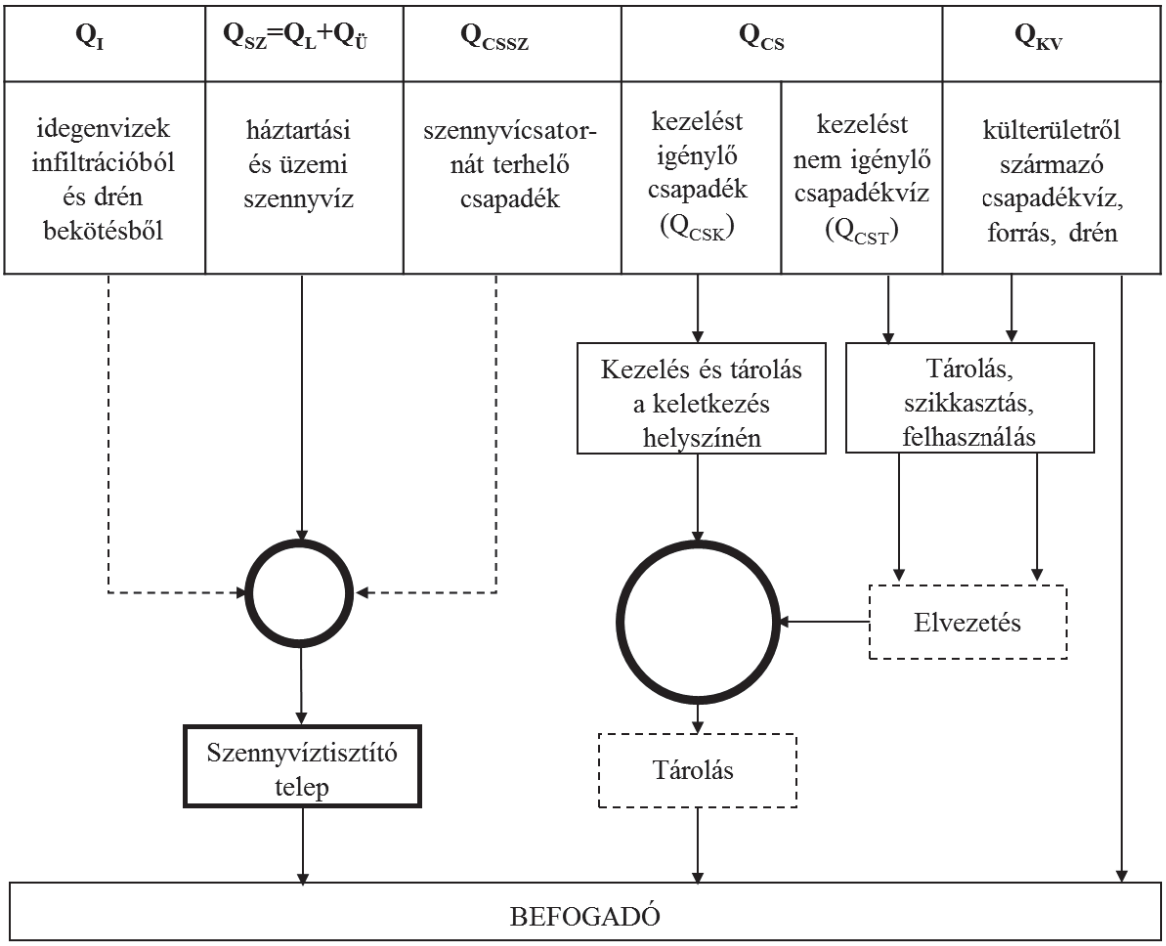
33. ábra Javított egyesített rendszereket terhelő vizek **(ÖWAV, 2008, Dulovicsné, 2008)**

Ez a rendszer a csatornahálózati lefolyásban a minőség szerinti szétválasztásnak az eredményeképpen 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 csökkentjük a szennyvíztisztító telep hidraulikai terhelését, valamint javítjuk a befogadó vízminőségét (Dulovicsné, 1993).

3.2 Javított elválasztott rendszerű csatornázás és kapcsolata a települési csapadékvíz-gazdálkodással

A javított elválasztott rendszerben (**4. ábra)** a települési szennyvíz a szennyvízcsatorna-hálózaton keresztül a szennyvíztisztítóba, míg a tisztítást igénylő csapadékvíz a csapadékvíz elvezető csatornákon keresztül a csapadékvíz-tisztítóműbe, 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 pl. tetővizek decentralizált tárolása és hasznosítása pedig a csapadékvíz gyűjtő rendszerből a használati vízellátást biztosítva a szennyvíz-elvezetésbe 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, okozva ott túlterhelést, és/vagy esetleg üzemzavart.



34. ábra Javított elválasztott rendszereket terhelő vizek **(ÖWAV, 2008, Dulovicsné, 2008)**

Összefoglalásként, az ismertetett rendszerek értékelése röviden a következő SWOT analízis táblázatban látható.

SWOT analízis

Rendszer típusa	**Előnyök**	**Hátrányok**
Egyesített	Gyakori klassszikus alkalmazás, történelmi múltja van	A befogadó és a telep lökésszerű terhelése, talajból beszivárgó idegenvizek, szennyezett és kevert vizek "hullámszerű" megjelenése
Elválasztott	A két hálózat vízkormányzása egyszerűbb, a csapadékcsatorna 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 a az elválasztott két elvezető rendszer
Javított egyesített (vegyes) rendszer	Külön választja a tisztítandó és a nem szennyezett csapadékvizet, tehermentesíti a befogadót a lökésszerű terhelésektől, mind 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

3.3 A csatornázási rendszerek és a szennyeződés transzport hatása a települési csapadékvíz-gazdálkodásra, 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 szennyeződés transzportot, 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 koncentrálhatók és kiválaszthatók, vagy továbbá esetleg felhasználhatóvá tehetők. Így a javított rendszerekben a használati víz (non-potable, vagyis nem ivóvíz, vagy használati víz) fogalmát kielégítő hányad a körforgásos gazdaságot az újrafelhasználással segíti elő, és a szennyezett hányad pedig a tisztítás koncentrálásának megteremtésével differenciálja a felhasználás további lehetőségét.

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

Ugyanakkor, amikor adathiánnyal küzdünk, nagymértékben lecsökkent a mérésekre fordítható anyagi erő, ami nem teszi lehetővé, hogy a rendszervizsgálatoknak ebben a szegmensében átütő eredményeket érjünk el. Jellemző, hogy néhány szorgalmas és felelősséget érző kutató munkája során részadatokat gyűjt és tesz közzé publikációiban (pl. Buzás 2009, Budai et Clement, 2011., Hádinger 2012., Horváth et Buzás, 2013., Dulovicsné et 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 monitoring rendszerek egészére vonatkozó ismereteket bővíteni, mint ahogy azt a szakirodalom (Dulovicsné et Dulovics, 2006, Nagy Zs. et al. 2012) is felvetette. Könnyen belátható ugyanis, hogy anélkül, hogy megfelelő számú és megbízhatóságú adattal rendelkezve tudnánk szabatosan meghatározni, hogy mi is a feladat, nem juthatunk megfelelő eredményre. A felelősséget fokozza e téren, hogy nagyon komplex a tennivalónk, és újszerű. A monitoring rendszereket mennyiségi, kémiai, biológiai paraméterek teljes körére kiterjesztve, a vízgyűjtőterületen, a talajban, a gyűjtőrendszerekben, a szennyvíztisztító telepeken és a befogadókban 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, melyek az újra-használatra, 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, melyeket 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.

Felhasznált szakirodalom:

1. ATV.(1999): Standard ATV-A 105.E (1997): Selection of the Drainage Systems. ATV Yearbook 1999. pp. 35-40.
2. Dulovics, D., Dulovics Dné, Öllős, G. (1978): A csatornázás korszerű rendszerei és kialakításuk szempontjai, Hidrológiai Közlöny, 8. sz. pp. 260-269. Bp.
3. Dulovics, Dné (1999): Aktuális csatornázási feladatok, MaSzeSz HÍRCSATORNA, július - augusztus, pp.3-7. Bp.
4. Dulovics, Dné (2002): A csatornázás irányzatai, MaSzeSz HÍRCSATORNA, július-augusztus, pp. 3-7. Bp.
5. Dulovics, Dné (2003): Csapadékvíz-gazdálkodás a környezetterhelés csökkentésének egyik eszköze, MaSzeSz HÍRCSATORNA, november-december, pp. 15-21. Bp.
6. Dulovics, Dné (2004. a.): Sürgető szükségszerűség-e a csapadékvíz-gazdálkodás? VCSOSZSZ VÍZMŰ PANORÁMA 4.sz. pp.26-33.Bp.
7. 2Dulovics, Dezsőné (2004.b.): AZ MSZ EN 752, "A települések vízelvezető rendszerei " c. európai szabványsorozat és a jövőben várható továbbfejlesztése, MaSzeSz HÍRCSATORNA, szeptember-október, pp.3-14. Bp.

8. ÖWAV (2008): Richtlinien für die Anwendung der Entwasserungsverfahren, Regelblatt 9. Wien,
9. Dulovics, Dné (2008): Változások a csatornarendszerek mértékadó üzemállapotaiban, MaSzeSz HÍRCSATORNA, március-április, pp. 3-8. Bp.
10. Dulovics, Dné (1993): KÖZMŰÉPÍTÉS III. Csatornázás , Tervezési Segédlet és Útmutató, Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp.
11. König, K. (2002): Regenwassernutzung von A-Z., Mall GmbH.
12. Juhász, E. (2008) A csatornázás története, MaVíz, Budapest
13. Dulovics, Dné (2013): A települési szenny- és csapadékvíz elhelyezésének elemzése, MaSzeSz HÍRCSATORNA, január-február, pp.3-9. Bp.
14. Dulovics, Dné (2016): Csapadékvíz-gazdálkodás az integrált települési vízgazdálkodásban, ppt. MMK szakmai továbbképzés. Budapest, Szolnok, Nyíregyháza, Békéscsaba, Tatabánya, Baja,
15. Horváth Lné, Wisnovszky, I. (2003): A háztetőre hulló csapadékvíz hasznosítása településeken, Vízügyi Közlemények, I. füzet, Bp.
16. Gayer, J. (2004): Települési csapadékvíz elhelyezés az integrált vízgazdálkodás tükrében, PhD. értekezés, Corvínus Egyetem, Bp.
17. Csapák, A. (2009) : Települési vízgazdálkodás lakossági csapadékvíz – gyűjtés és felhasználás, PhD. értekezés, Eötvös Lóránd TE, Bp.
18. Gayer, J., Ligetvári, F.(2007): Települési vízgazdálkodás, csapadékvíz elhelyezés, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Bp.
19. Buzás, K. (2008): Klímaváltozás, települési csapadékvíz-gazdálkodás, Vízmű Panoráma, 16. évf. 4.sz. pp.11-12. MaVíz, Bp.
20. Buzás, K (2015): Víz a városban: alkalmazkodás a klímaváltozáshoz, BME, VKKT. Bp.
21. Asztalos, T. (2010): A csapadékvíz használatának elemző vizsgálata a kommunális vízellátásban és az ivóvízigény csökkentésében, gazdasági szempontok figyelembe vételével. BSc. Szakdolgozat, SZIE, Ybl M. ÉTK. Bp.
22. Bardóczyné, Sz. E. (2016). Csapadékvíz-gazdálkodás komplex szemlélettel, MaSzeSz HÍRCSATORNA, 4. szám. pp. 10-25. Bp.
23. Buzás, K.(2009): A közúti közlekedés hatása a felszíni csapadékvíz lefolyás szénhidrogén szennyezettségére, PhD. értekezés, BME Építőmérnöki Kar, Bp.
24. Budai, P., et Clement, A. (2011): Burkolt útfelületek nehézfém szennyezettsége, MaSzeSz HÍRCSATORNA, március-április, pp.15-22. Bp.

25. Hádinger, J. (2012): Az esővíz hasznosítás lehetőségei és szerepe a vízgazdálkodásban, BSc. Szakdolgozat, Óbudai Egyetem, RKK. Bp.
26. Horváth, A., Buzás, K. (2013): Zinc and copper in roof runoff, Water Science and technology, 67. pp.1734-1939.
27. Dulovics, Dné, et Csapák, A. (2017): A csapadékvíz minőségét befolyásoló tényezők és azok hatásainak elemzése, MaSzeSz, HÍRCSATORNA 3. szám, pp. 22-34.
28. Dulovics, Dné, et Dulovics, D. (2006): Gondolatok a monitoring rendszerek alkalmazásáról a szennyvíztechnikában, MaSzeSz HÍRCSATORNA, szeptember-október, pp. 3-6.
29. Nagy, Zs., Buzás, K., Metelka, L., Suchanek, M., Pieskó, E. (2012): Fejlesztési tervek a hidroinformatika támogatásával: városi gyűjtőrendszerek, MaSzeSz HÍRCSATORNA szeptember-október, pp.3-10.

17. Istók Balázs Lézerscannelt 3D felszínmodell alkalmazása csatornakiöntések modelljének pontosítására

Bevezető

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

Hagyományos csatornahidraulikai modellek alkalmazása esetén az elvezető hálózatból 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 számításon 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 terepszkennelés alapján felépített, nagy felbontású terepmodell-lel történik. Hagyományos dinamikus csatornahidraulikai modellezéssel meghatározásra került a vízmozgás a csatornahálózatban. Ez alapján a felszínmodell-lel 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.

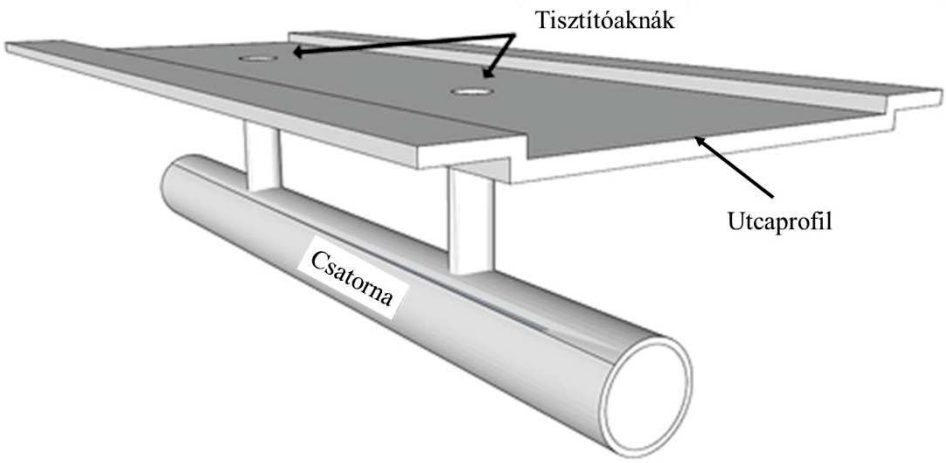
A GeoCPM modul számos eszközt és számítási eljárást tartalmaz a városi területek árvízének, csatornahálózati kiöntéseinek a modellezésére. Lehetővé teszi számítógéppel támogatott

kiöntés-elemzést, amely figyelembe veszi a csatornarendszer terhelési körülményeit. A GeoCPM koncepciója a következő pontokra koncentrál:

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

A többprocesszoros rendszerrel való használatra két forgatókönyvet hoztak létre a vízcsere 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, pl. utakon (1D/1D-modellezés). Ahhoz, hogy a gyakorlatban alkalmazható eszközt kapjunk, a metódust segéd funkciók segítségével valósították meg a kézi és automatikus generáláshoz, amelyek egyszerűsítik a meglévő utcai vagy alap térképek feldolgozását, és ez által a modell felépítését. Az utcai profilt alkalmazó módszer segítségével meghatározhatóak a különösen veszélyeztett területek, ily módon a második opcióhoz szükséges részletesebb szimulációt csak a szükséges területeken kell elvégezni.



1. ábra Az utcaprofil módszer koncepcionális felépítése

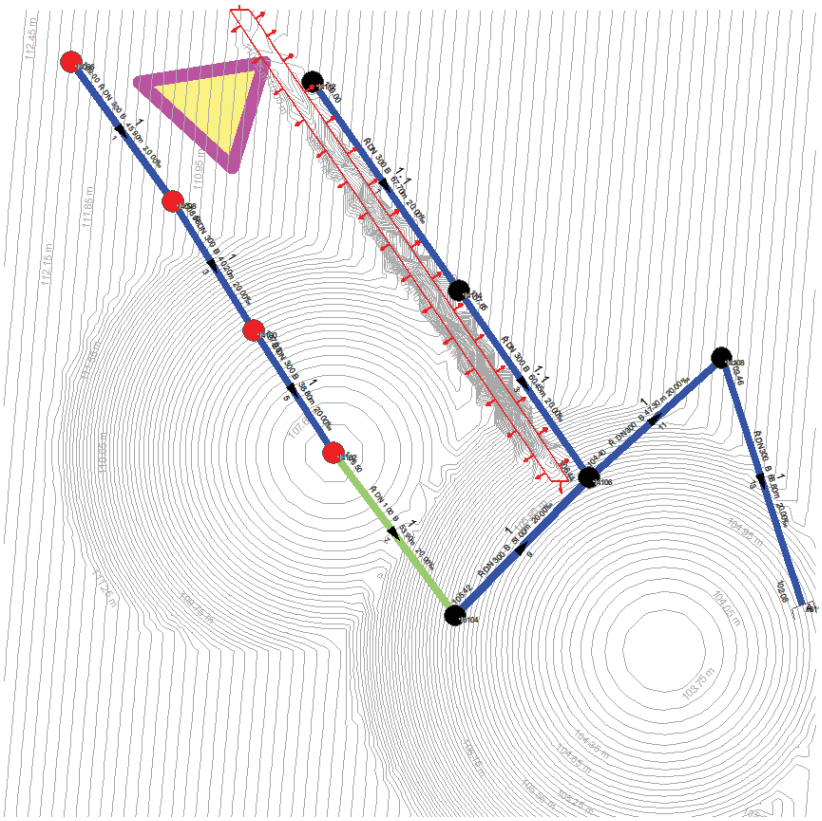
- A második opciót "grid módszernek" (GeoCPM) nevezzük. Ebben az esetben a felszíni lefolyórendszert egy precíziós terepi modell (például 4 pont/m^2) szimulálja, amely az egész felületet lefedi és háromszögből áll (1D/2D modell). Ezeknek az elemeknek mindegyike rendelkezik az információ teljes körével a talajviszonyok, a hely- és a lefolyás jellemzők tekintetében. A hidraulikai számítások alapja a St.Venant differenciálegyenletének általánosítása, és a CPM módszer lehetővé teszi a számítási folyamat eredményes párhuzamosítását. Annak érdekében, hogy program hatékonyan kezelhesse az óriási mennyiségű adatot (kb. 1.000.000 geodéziai pont/km^2), amelyet a légi lézer 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 áteresztő kapacitása megadható.

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

Szintetikus hálózaton végzet vizsgálat

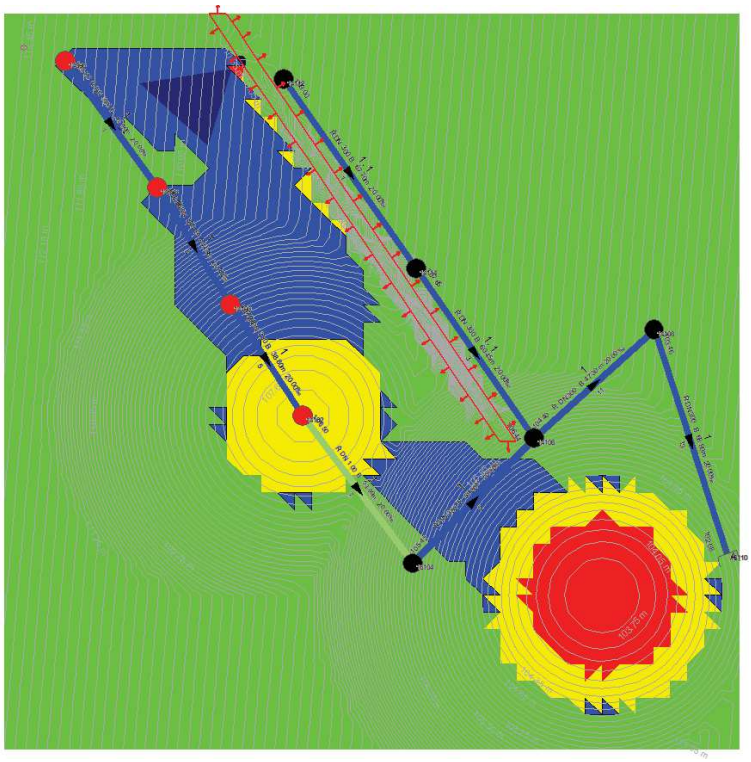
Annak érdekében, hogy program működését ellenőrizzük, szintetikus csatornahálózatot és hozzá kapcsolódó domborzati modellt hoztunk létre. Ez a csatornamodell két ágból, és azokban néhány csatornaszakaszból állt. Ehhez kapcsolódott egy finomfelbontású felszíni modell, amelyet GeoCPM segítségével számoltunk.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



2. ábra A szintetikus csatornahálózat modellje

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 és 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 dugulás 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 vízfeettségek formájában. A pirossal jelölt akna fedlapokon 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. Mikor a gödör megtelt, a víz a gödör peremén átbukva a második gödörbe folyik át, majd amikor az 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 szelélteti.

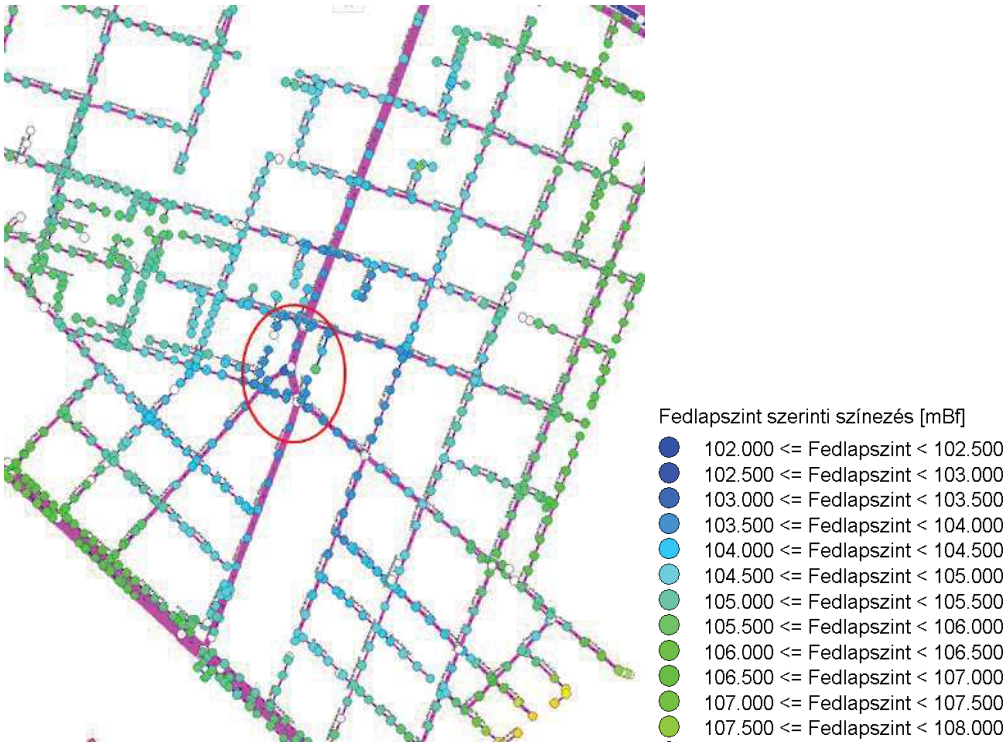


3. ábra A szintetikus csatornahálózat számítási eredménye, a felszíni elemek a rajtuk kialakuló vízszint szerint vannak színezve, a zöld 0cm, a kék 1cm, a sárga 5cm, a piros 50cm feletti vízborítást jelez

A szintetikus hálózaton végett 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 vágtunk ki, és ahol a csatornahálózat tisztító aknáit a fedlapjuk tengerszint feletti magassága szerint színeztük.



4. ábra Béke tér környezetének csatornahidraulikai modellje, az itt található tisztító aknák fedlapjuk tengerszint feletti magassága szerint vannak színezve, a vonalak vastagsága arányos a csatornaszakaszok szelvényméretével

A terület az elmúlt években több szélsőséges csapadékterelésnek 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 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 (ld. 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 rendeltünk. A számítások során a rendszer az egyes rész-vízgyűjtő 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:

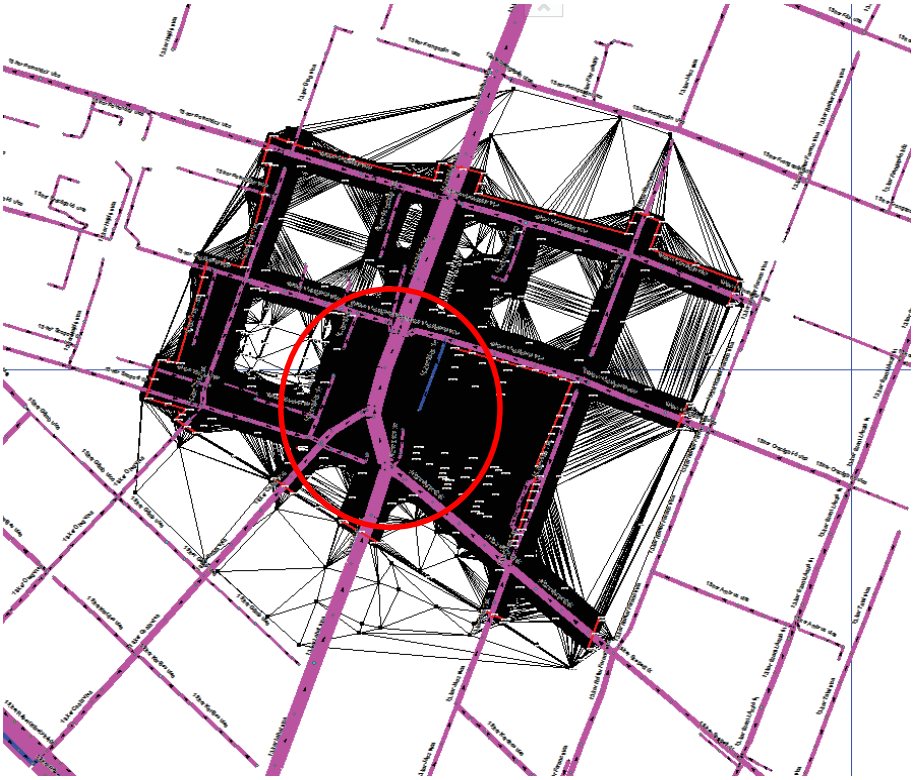
ANGY	ÁLLA	HATÁ	KERI	RÁKÓ	SACO	VÁLT	ZSIG
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
65.85	51.02	20.99	26.41	5.60	1.20	59.34	73.27

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

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 lézerscanner (LIDAR) technológia nagypontosságú felszín- és domborzatmodell elkészítését teszi lehetővé. A légi scannelés 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, hó borítás és egyéb időjárási tényezők ne zavarják, illetve a vízállások is a lehető legalacsonyabbak legyenek.

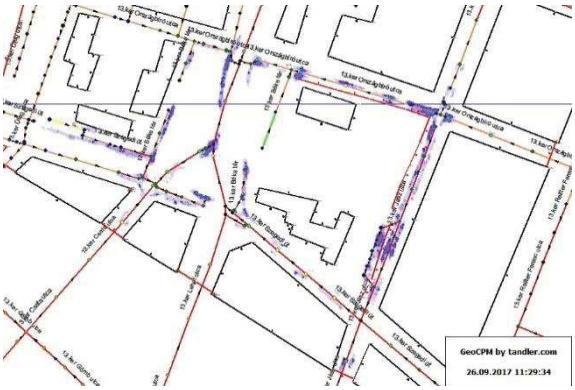


5. ábra A GeoCPM modell kiterjedése a Béke tér környezetében, piros kör a Béke teret jelöli, a fekete vonalak a magassági pontokat összekötő háromszögek határai

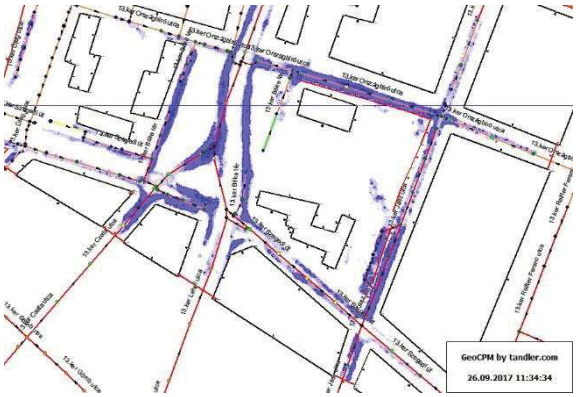
A LIDAR pontok sűrűsége minimum 50 pont/m^2 (a nem szűrt pontadatbázis tekintetében) és a LIDAR pontok pontossága ±10 cm (magassági és vízszintes értelemben egyaránt). A felmérések során megkülönböztetnek épületeket, alacsony és magas növényzeti borítottságot és a földfelszínt. Az automatikusan filterezett 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

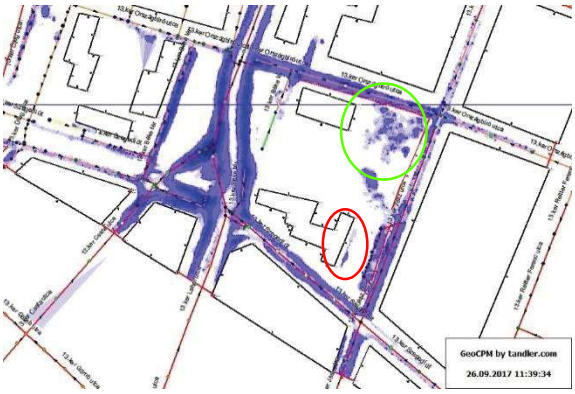
A számítási eredményeket a vízborítottság szerinti színezéssel időrendi sorrendben haladva négy pillanatot kiragadva mutatjuk be a következő ábrákon



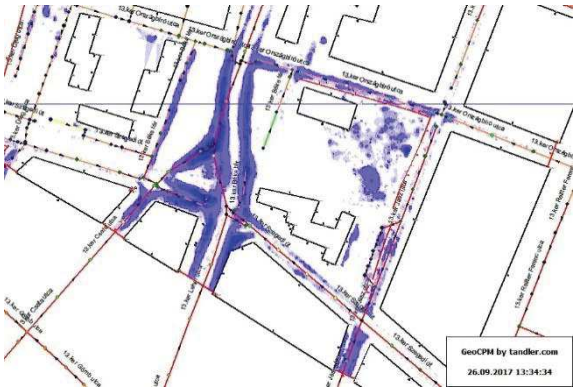
6a. ábra Vízborítás az eső kezdete utáni 75. percben



6a. ábra Vízborítás az eső kezdete utáni 81. percben



6a. ábra Vízborítás az eső kezdete utáni 85. percben



6a. ábra Vízborítás az eső kezdete utáni 200. percben

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 már problémát a felszínen 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 láthatóak a 2017. május 23.-ai csapadékot követően. A tapasztalatok a számítások helyességét igazolják.

7. ábra A vizsgált területen készített felvételek a vizsgált csapadékot követő időszakban

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 modell 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.

18. Salamon Endre: Csatornahálózat hidraulikai modellezése az oktatásban

Absztrakt

Röviden bemutatásra kerülnek a csatornahálózat hidraulikai modellezésében rejlő lehetőségek, azok felsőoktatási hallgatók által történő kihasználása. A gyakorlati modellezést nehezítő és segítő körülmények ismertetése után azok az ismeretek kerülnek bemutatásra, amelyek a BSc képzés során a környezetmérnök és építőmérnök hallgatóktól elvárhatóak a települési vízgazdálkodási feladatok megoldása során. A képzéssel kapcsolatos tanulság, hogy a modellépítéssel már átlagos hallgatói képességek mellett, olcsó informatikai háttérrel hasznos eredmények hozhatóak létre, de a legnagyobb akadály még mindig a felmérés, az alapadatok hiánya és a modell felépítésével kapcsolatos munkaigény.

Abstract

Opportunities in hydraulic modeling of sewers are described along with applications for students in higher education. After listing some favorable and unfavorable factors, the relevant skills to be developed in environmental and civil engineering students are presented. Important conclusions are that average students with cheap digital infrastructure can produce valuable results and that the lack of fundamental data and work demand are still hinders creation of hydraulic models.

1. A hidraulikai modellezés céljai, felhasználhatósága

A csapadék- és szennyvíz elvezető hálózatok méretezéséhez és ellenőrzéséhez felhasznált összefüggések régóta rendelkezésünkre állnak, azokat a gyűjtőrendszerek tervezésekor és vizsgálatakor rutinszerűen könnyedén alkalmazzuk. 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. Külföldi műszaki irányelvek közül az itthon is jól ismert ATV-DVWK-A 110E és ATV-A 118E szabványt érdemes kiemelni. Már a 80-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 a 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 üzemeltetéshez 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.

1.1 Oktatási keretek

A vízgyűjtők megadása, a hálózat geometriájának megadása hatékonyan csakis valamilyen térinformatikai rendszer kereti 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 hozzáadott érték előállítása potenciálisan az a terület, ahol az üzemeltetés és az oktatás-kutatás együtt tud működni.

1.2 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 csapadékcsatorna sincs nyilvántartva, a nyílt árkokkal rendelkező kistelepülésekről nem is beszélve.

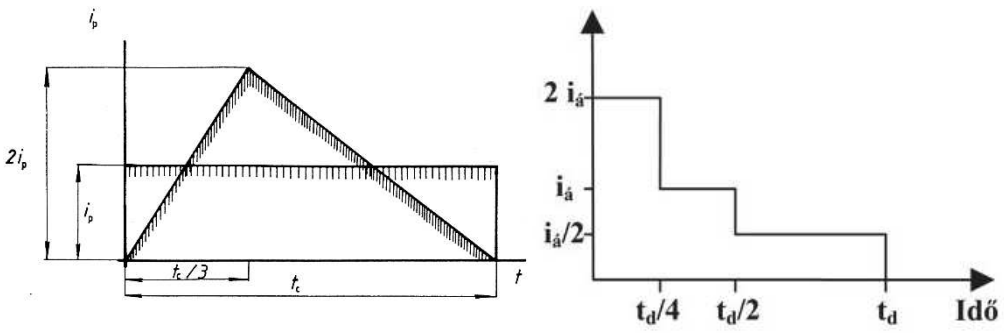
Ebből látható, hogy a duális képzés keretei közt már a magassági vonalvezetés felmérésében egy első éves hallgató is részt tud venni, hiszen szintezni már technikusi végzettséggel is tud, vagy erre rövid úton betanítható. Olyan egyszerű feladatokról nem is beszélve, mint például bejárással megállapítani, hogy mely ingatlanok rendelkeznek alagsorral, mélygarázzsal, és így 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 meghatározhatóak, a befogadó vízállásokhoz még előfordulási valószínűségek és kockázatok is rendelhetőek. Egyesített csatornák esetén a száraz és csapadékos idei 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 szívótér térfogatának ismeretében az adott időtartamra vonatkozó átlagos vízhozamok meghatározhatóak. Több napon át ismételve a napi vízhozam menetgörbék felvehetőek. Szinttávadók megléte és a szivattyúk vízszállításának ismeretében az átemelőkbe folyó vízhozam pontos idősora 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 elöntés vizsgálatakor fontos továbbá az intenzitás időbeli változása, melyre az egyes szabványok és szakirodalmak eltérő összefüggéseket közölnek, mint az az 1. ábrán is látható.



1. ábra: Időben változó csapadékintenzitások különböző szabványok szerint (GAYER-LIGETVÁRI 2007)

A modellből eredményül kapott elöntések 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)

1.3 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. Ezt indokolja (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 nem csak 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.

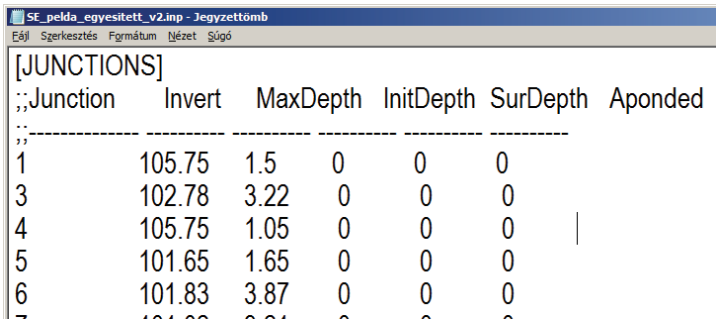
A jövőben várhatóan a nyílt forráskódú programok tudása egyre javulni fog, hiszen az adatbázis kezelés, a geoalgoritmusok és a modellezés matematikai összefüggései univerzálisak, különbségek csak a szoftver által nyújtott szolgáltatás, „felhasználói élmény” színvonalában vannak. Az üzemeltetésben, vagy 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 felhasználóbarátok, viszont az adatok szerkezete és a műveletek kevésbé rejtettek a felhasználó elől, így a mélyebb megértésre jobb esélyt kínálnak, tehát a válasz nagy valószínűséggel az, hogy igen. Ehhez azt is hozzá kell tenni, hogy egyenlőre csekély azoknak a hallgatóknak a száma, akik munkába állva rögtön modellezéssel megoldandó feladatokkal szembesülnének.

2. Egyesített rendszerek és csapadékcsatornák hidraulikai modellezésének oktatása

Mint minden vonalas létesítménnyel kapcsolatos tervezési feladatnál, a településen belüli vízelvezető 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.

2.1. **Kiindulási** adatok

Az elkészült modell geometriai adatainak felvétele után rendesen 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.


SE_pelda_egyesitett_v2.inp - Jegyzettömb

Fájl Szerkesztés Formátum Nézet Súgó

```
[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

Az elkészült modell adatbázisa egy egyszerű szövegformátumú fájl (2. ábra), amely minimálisan 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, szelvény alak, él hossza, érdesség, kezdő és záró folyásfenék magasság.

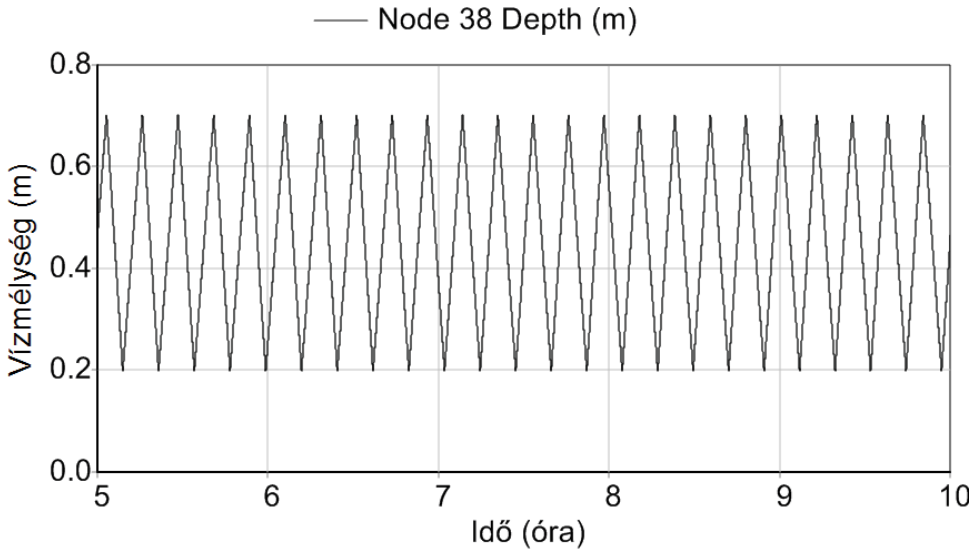
2.2. Tervezési feladatok megoldásának menete

A hidraulikai számítások során a hallgatók a klasszikus kézi módszerrel (bár táblázatkezelő program alkalmazásával) dolgoznak. Ennek során mintegy elválasztott rendszeren a mértékadó csúcs vízhozamot 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, melynek eredményeit összevetik a kézi számítás eredményeivel és az eltéréseket kritikailag értékelik.

Az eddigi eredmények (2017. 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 $n = \frac{k^{\frac{1}{6}}}{83.3}$ 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 átemelő szivattyúk kapcsolási száma. Miután a hallgató helyesen méretezte a szükséges szívótéri 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 hasznára 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 ellenőrizhetőek.



3. ábra: Szintvezérelt átemelő vízszintjének modellel számított idősora

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.

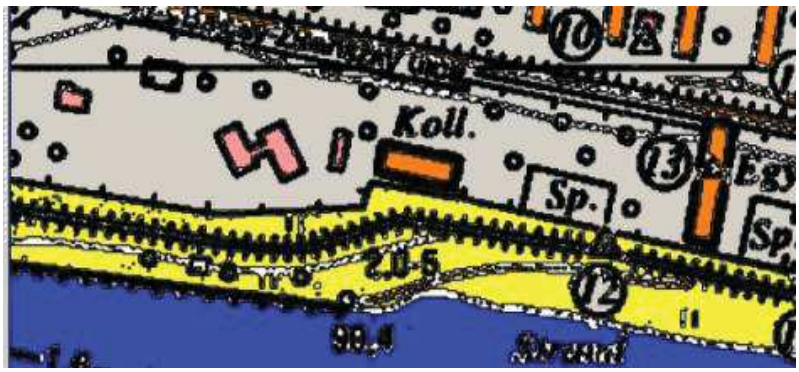
Igazolja továbbá a modell helyességét a szabványokban előírt tervezési alapelveknek megfelelően, ezzel is ráirányítva a mérnökhallgatók figyelmét az elvárható gondosság jogi fogalmára a tervezés során. Azok a hallgatók, akik TDK munkájukat vagy szakdolgozatukat modellezés felhasználásával készítik, már mért adatokkal kell hogy elvégezzék a kalibrációt.

2.3. 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 meglevő 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, evapotranszspiráció 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, nyeregtetők) 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 vízelvezető rendszer kapacitásának növelése lehet célravezetőbb, mert a lefolyási tényező tovább már nem csökkenthető gazdaságosan. Kisvízgyűjtők QGIS programban elkészített, raszteres térképről vektorizált ábráját mutatja a 4. ábra



4. ábra: Poligonizált helyszínrajz tetőfelületek meghatározásához

3. A szennyvíztisztítással kapcsolatos kutatásokhoz kapcsolódóan hidraulikai modellezéssel elemezni a tisztító telepekre befolyó vízhozam idősorokat, 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. Jelzőanyagos vizsgálatokkal, üledékből történő mintavétel segítségével a szennyezők transzportját elemezni, modellezni. Ez nem csak a havária szennyezések lefolyási idejéről ad tájékoztatást, hanem a vízgyűjtő pontszerű szennyező forrásai is felderíthetőek, a még kevéssé ismert, térszíni lefolyásból származó diffúz szennyezésekről is tájékoztatást kaphatunk.

3. 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 egy dimenziós 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 algoritmusa 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.

4. 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 az, hogy a komoly szakmai háttértámogatással bíró hallgatók erőforrást jelentenek az adatgyűjtésben, a konkrét helyi problémák műszaki-tudományos szempontú elemzésben. 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 törekszünk, amely mindezeket a munkákat hatékonyabbá és könnyebbé teszik.

Felhasznált irodalom

1. ACKERS, Peter (1958): Resistance of fluids flowing in channels and pipes. *Hydraulics research paper,* no. 1. London, HMSO.
2. HORVÁTH Imre (1976): A csatornázás és a szennyvízkezelés hidraulikája. Budapest, Marczell Ferenc. ISBN 963 602 036 1
3. GAYER József – LIGETVÁRI Ferenc (2007): Települési vízgazdálkodás és csapadékvíz elhelyezés. Budapest, Környezetvédelmi és vízügyi minisztérium. 84-85.
4. ROSSMANN, Lewis (2010): Storm Water Management Model Users's Manual Version 5.0. Cincinatti, National Risk Management Research Laboratory.

5. SAROJ K. Pandit et al. (2014): Comparative Efficiencies Study of Slot Model and MOUSE Model in Pressurized Pipe Flow. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, vol .8, n.1 p. 83-88.
6. MI-10-455/2-1988 Belterületi vízrendezés. Csapadékvíz elvezető hálózat.
7. MI-10-167/3-87 Közcsatornák. Hidraulikai méretezés.
8. ATV-DVWK-A 110E Hydraulic Dimensioning and Performance Verification of Sewers and Drains
9. ATV-A 118E Hydraulic Dimensioning and Verification of Drainage Systems

19. Rácz Tibor: A 2017.05.23-i felhőszakadás Budapesten és a 2015. évi három fővárosi felhősszakadás jellemzői. Eltérések és hasonlóságok

Kivonat

A Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. Budapesten 2007 óta fejleszti és üzemelteti csapadékmérő rendszerét. A rendszer kifejezetten a rövididejű nagycsapadékok észlelésére épült ki az éghajlatváltozás miatt tapasztalható szélsőségesebb csapadékesemények térbeli és időbeli lefolyásának rögzítésére. 2015 során három igen jelentős felhőszakadás sújtotta Budapestet, amelyek 100 éves visszatérési időt is meghaladó visszatéréssel jellemezhető csapadékmagasságot okoztak. 2017.05.23-án újabb 100 éves visszatérést meghaladó nagycsapadék érte a fővárost. A mért adatok alapján összehasonlítva az eseményeket alátámasztást nyer az éghajlatváltozással összefüggésbe hozott szélsőséges események gyakoriságának növekedése. Megállapítható az is, hogy a vízelvezető rendszerek méretezésének alapjául szolgáló csapadékmaximum függvények (vagy a nemzetközi gyakorlatban honos megnevezés szerit IDF görbék) felülvizsgálatra szorulnak. A felülvizsgálattal kapcsolatban megfontolás tárgyát kell képezze az, hogy az egyes csapadékmérőkre vonatkozó, nagyobb területre vonatkoztatott következtetések a rövid idejű nagycsapadékok tekintetében óvatosan kezelendők, mert a statisztika pontatlanságát eredményezhetik a mérnöki gyakorlatban. A pontosabb statisztika előállítása szükséges, ehhez a földi csapadékmérésen túlmenően a radar alkalmazható, de a radarmérések önmagukban nem, vagy csak durva közelítésként fogadhatók el. A radar mérések ugyanakkor jelentős kiegészítést nyújtanak a földi, pontbeli mérések térbeli kiegészítéséhez.

Kulcsszavak: csapadékmagasság, csapadékintenzitás, felhőszakadás

Abstract

Budapest Sewer Works Plt. Ltd. has been developing and operating its own rainfall measurement system since 2007 in Budapest. The system was specifically designed to detect short-term heavy rainfalls in order to capture the spatial and time distribution of the events which can be the extreme consequences of climate change. During 2015, three very significant cloudbursts struck the city of Budapest, causing rainfalls exceeding the 100 years of return. On the 23.05.2017 Budapest suffered of another rainfall whose peak intensity overtook the 100 years of return period. Based on the measured data, the frequency of extreme values are compared and the result suggests that the increasing appearance of extreme rainfalls is in connection with the climate change. It can also be stated that the Intensity-Duration-Frequency

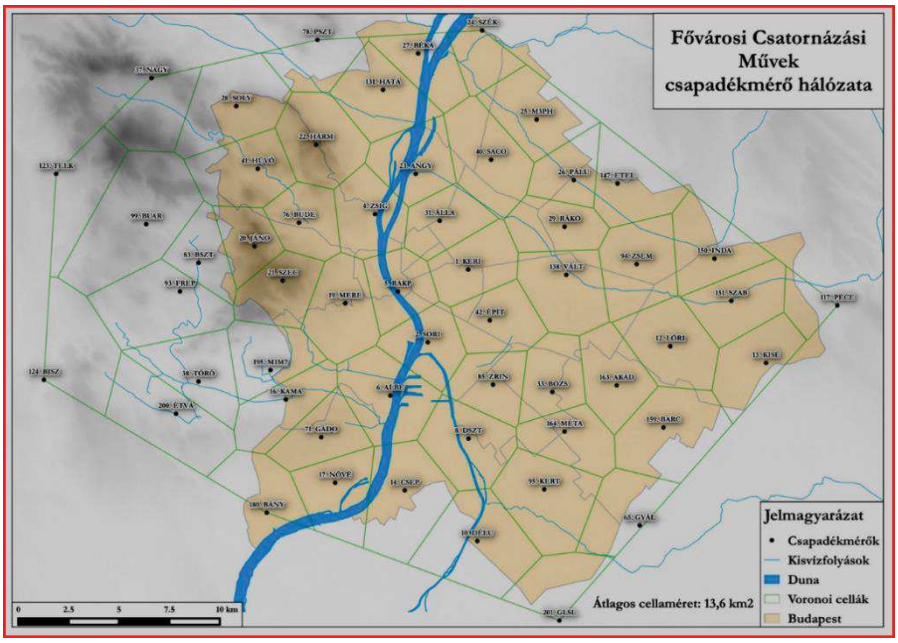
(IDF) curves, which are the basis of the dimensioning of drainage systems, should be the subject of revision. The paper calls the attention to the fact that when the data series of the single rain gauges are used for larger area-related descriptions the data series should be treated with caution, because the uncertainties of short-term high intensity rainfall data, caused by the large variability of spatial distribution, result in an inaccuracy of the statistics used in the engineering practice. The generation of more accurate statistics is required. In addition to the earth surface rainfall measurement the radar may be used, but radar measurements cannot be accepted alone, they can mainly be used for rough approximation. Radar measurements, however, provide significant contribution to the investigation of the spatial rainfall distribution between the surface rain gauges.

1. 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.

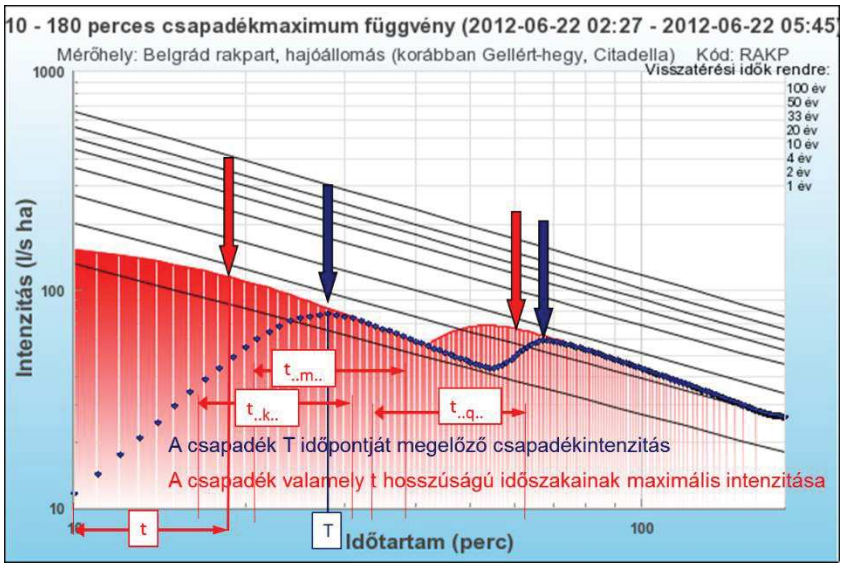
A rendszer billenőkanalas műszereken alapszik, amelyek a csapadékadatokat egyperces időlépcsővel rögzítik. Az adatok felbontása a csapadékmagasság tekintetében 0,2 mm. A műszer tölcsére 171,5 mm. A műszerek autonóm energiaellátással, napelemekkel működnek, napi háromszori mobiltelefonos adattovábbítással. Szélsőséges esetben van lehetőség a csapadékadatok valós idejű továbbítására is, a tízperces csapadékadatok alapján. A csapadékmérő rendszer a korábbiakban – egyebek mellett – a Magyar Hidrológiai Társaság 2015. évi XXXIII. Vándorgyűlésén lett bemutatva[51]. A mérőhálózat 50-54 mérővel működik jelenleg, az aktuálisan karbantartás vagy az 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.

[51] Rácz Tibor et al, 2015



35. ábra A Fővárosi Csatornázási Művek csapadékmérő rendszere

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, rész-intervallumok kimutathatók. Amennyiben a csapadékot csak a csapadékhullás hosszára vonatkoztatott egyetlen intenzitás értékkel 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 – de 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.



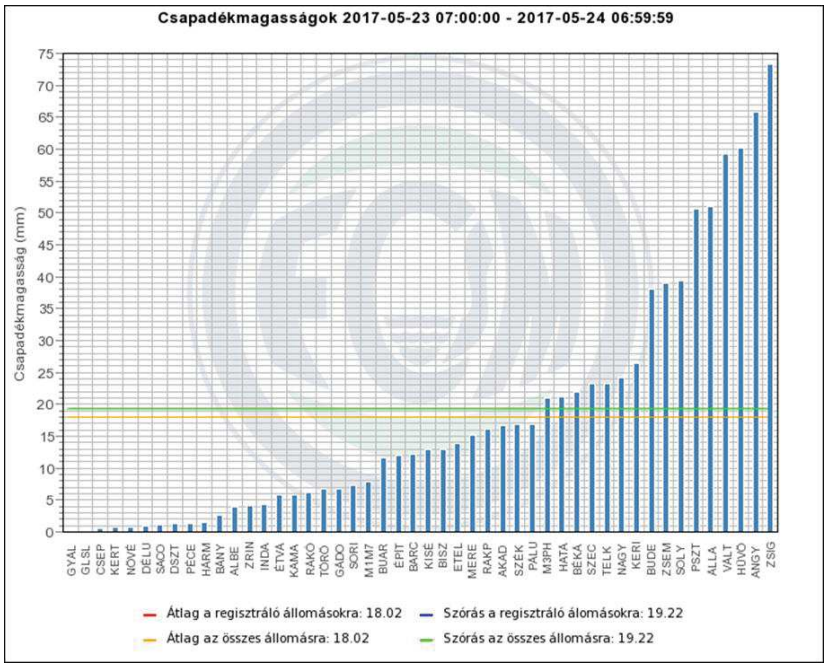
36. ábra A csapadék rész-intervallumok intenzitásának értelmezése

2. A 2017.05.23-i felhőszakadás

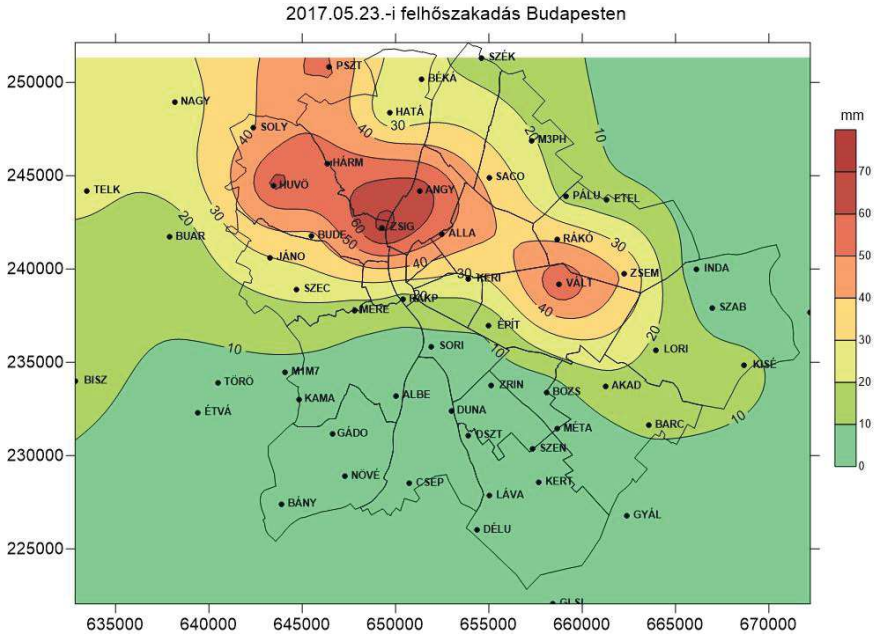
A felhőszakadás kialakulásakor a nagytérségi szinoptikus meteorológiai helyzetben Európa időjárását az Izland, Finnország, valamint a Kaszpi-tenger térségében örvénylő ciklonok, valamint a többi területen anticiklonális hatások alakították. A Kárpát-medence időjárását az itt lévő váltakozó nedvességtartalmú,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

A gomolyfelhők a délutáni órákban záródtak, és 16:30 helyi idő körül a városban csapadékhullás kezdődött. A csapadékhullás felhőszakadásba csapott át a város egyes területein. A csapadék térbeli eloszlását a 38. 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 átemelőn telepített műszer, amely 65,6 mm-t rögzített. 60,2 mm hullott a Hűvösvölgyben.

Valamivel kisebb csapadék hullott a Rákos-patak völgyében, ahol a Zsemlyékes úti átemelőnél 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.



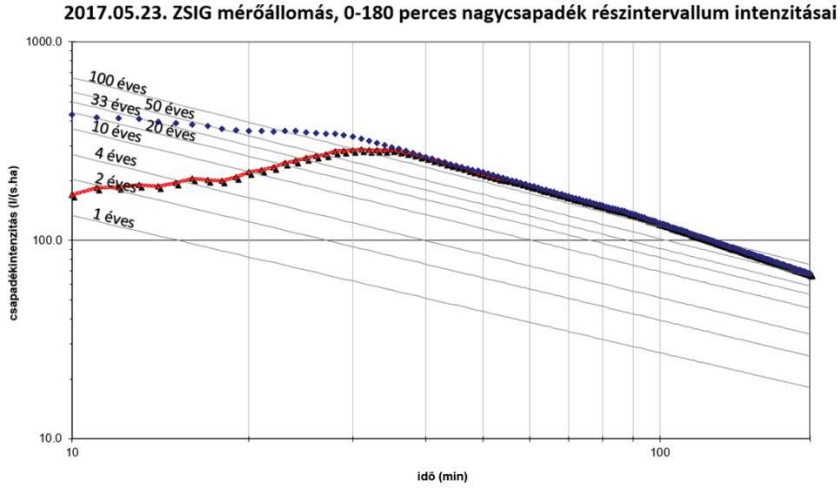
37. ábra A 2017.05.23-i felhőszakadás során mért csapadékmagasságok



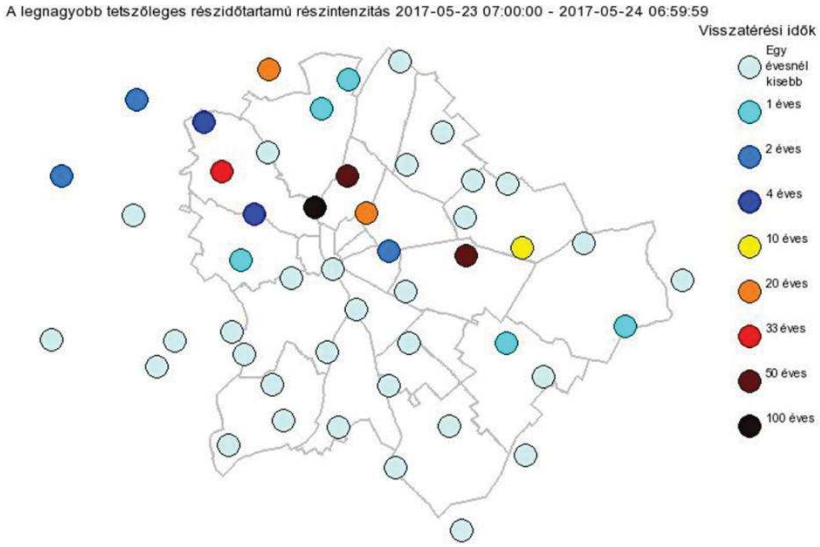
38. ábra A 2017.05.23-i felhőszakadás térbeli csapadékeloszlása

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

A csapadékintenzitások tekintetében számos helyen igen ritkán előforduló értékeket 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.



39. ábra A Zsigmond téren mért adatokból számolt intenzitások



40. ábra A 2017.05.23-i csapadék extrém rész-intervallum intenzitásai visszatérési idő szerint (a jelenleg használatos IDF görbék figyelembevételével)

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.

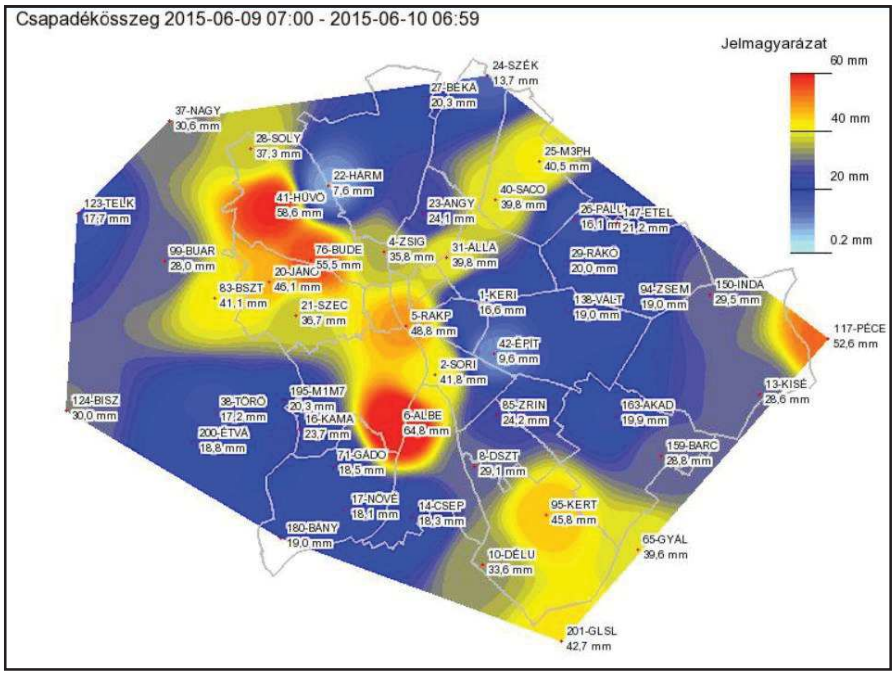
3. A 2015 évi három felhőszakadás

2015 során 06.09-én, 07.08-án és 08.17-én hullott jelentős mennyiségű csapadék Budapestre.

A 2015.06.09. 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[52]. A június 9-i jelentős napi csapadék számos, a főváros térségében kialakuló, időben egymást követő zivatar révén hullott. A 16:40-kor (helyi idő) zivatartevékenység 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.

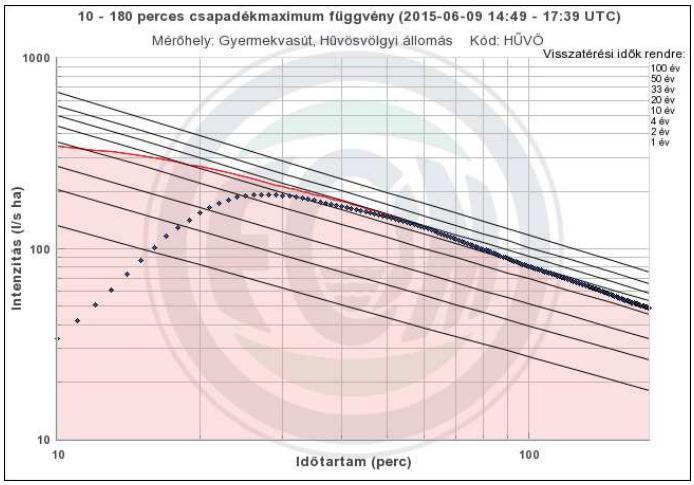
A város közel teljes területén legalább 16-20 mm csapadék hullott. Az FCSM műszerei kiemelkedő csapadékmagasságot mértek Dél-Pesten (33-46 mm), Albertfalván (67 mm), a város belső területein (35-49 mm), valamint a budai oldalon, a Hűvösvölgy területén (55-59 mm).

[52] IDŐJÁRÁS.HU, 2015

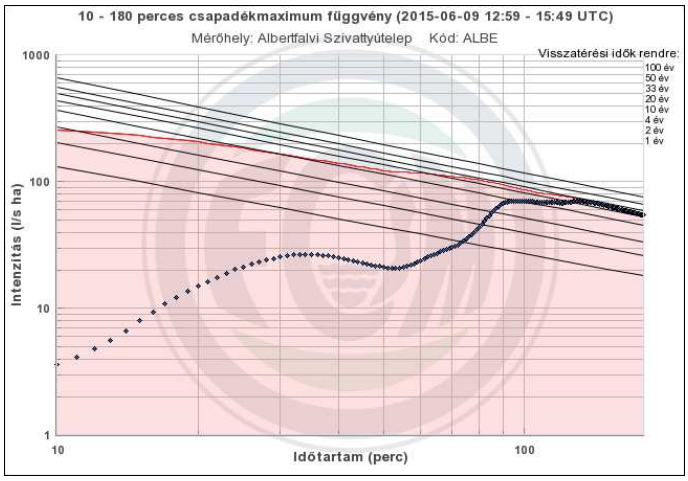


41. ábra. Csapadékmagasságok Budapest területén a 2015.06.09-én hullott nagycsapadékból

A jelenleg használatos csapadékmaximum függvény görbéit figyelembe véve a visszatérési időkhöz tartozó intenzitás értékek 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 intenzitás értéket a csapadékhullás valamely részintervallumban.

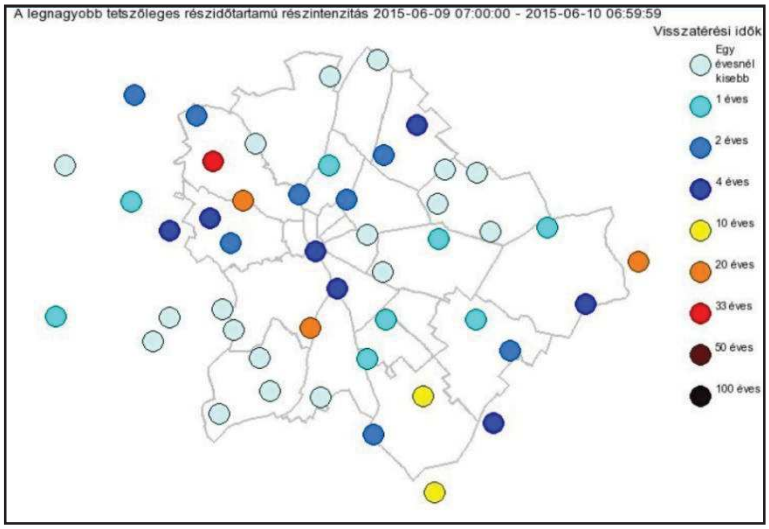


42. ábra. Csapadékintenzitások alakulása a csapadékesemény rész-intervallumaiban Budapesten, Hűvösvölgyben, 2015.06.09-én



43. ábra. Csapadékintenzitások alakulása a csapadékesemény rész-intervallumaiban Budapesten, Albertfalván, 2015.06.09-én

Az egyes mérőkön mért adatok alapján összehasonlíthatóvá vált az adott helyen mért átlagos csapadékintenzitáshoz tartozó visszatérési idő, amely 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.



44. ábra. A 2015.06.09-i felhőszakadás legnagyobb intenzitásaihoz tartozó visszatérési idő a részintervallum eljárás alapján

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

2015 július 08-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 légáramlatok indultak meg, a nagyon meleg

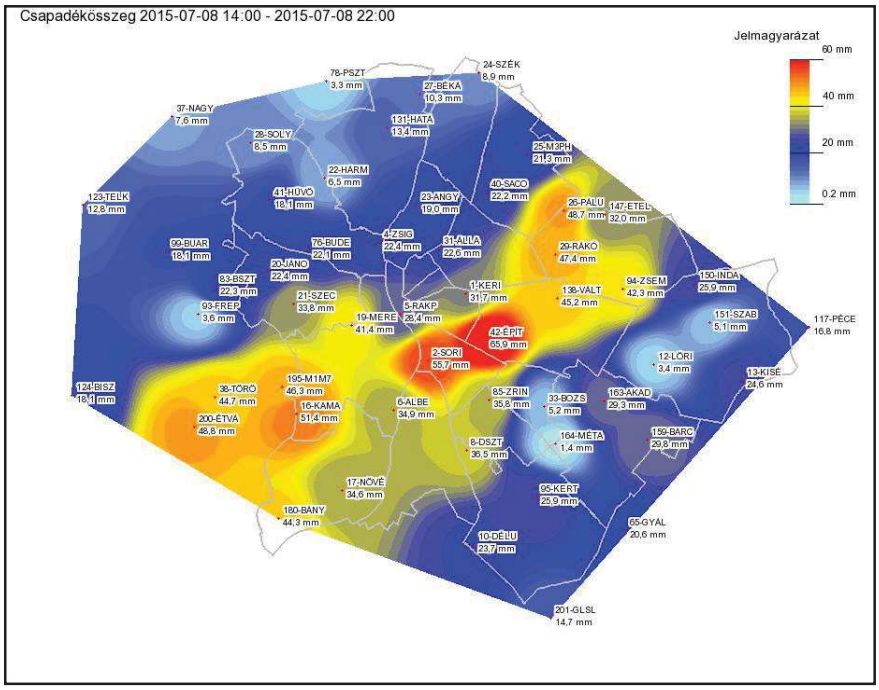
légtömegek pedig Közép-Európa fölé sodródtak. A front több hullámban haladt Európa belső régiói felé, hullámait rendkívül heves zivatarok, jégesők, szélviharok kísérték. Július 8-án délelőtt érte el Magyarországot a hidegfront. A később Budapestet is elérő zivatar a front előterében, a Bakony vonalában állt 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[53].

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 kerületein esett (30-60 mm), ettől a tengelytől távolodva mindkét irányban fokozatosan csökkent a csapadék mennyisége és az intenzitása. A legtöbb csapadékot a Pest közepén, Kőbányán mértük, 65,9 mm-t.

A csapadékhullást a fronttal érkező viharos erejű szél kísérte, amely 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 csatornákba 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 Rákos-patak XIV. kerületi szakaszán két helyen az útszegélyen átcsapó víz elmosta a patak partját. A szélviharban kidőlt, vagy veszélyessé vált fák miatt a parkok, temetők napokon át nem voltak megközelíthetők.

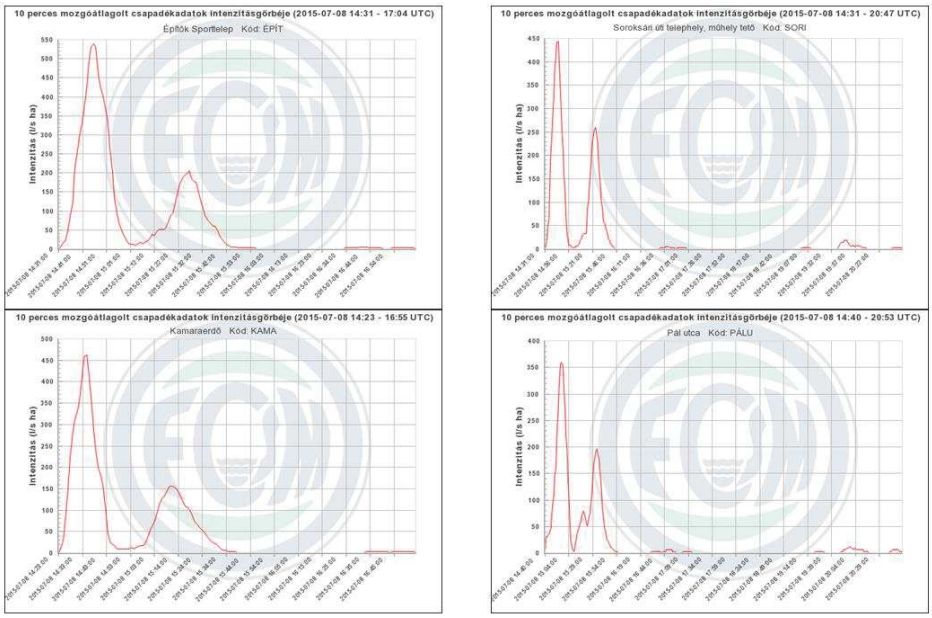
A zivatar a legjelentősebb csapadékot a Kamaraerdő-Népliget-Árpádföld vonal mentén eredményezte. A csapadékmagasság ebben a vonalban 45-66 mm között alakult. E vonaltól távolodva a csapadékmagasság csökkent, a város északi szélén például csak 3-8 mm eső hullott.

[53] Horváth Ákos, 2015a



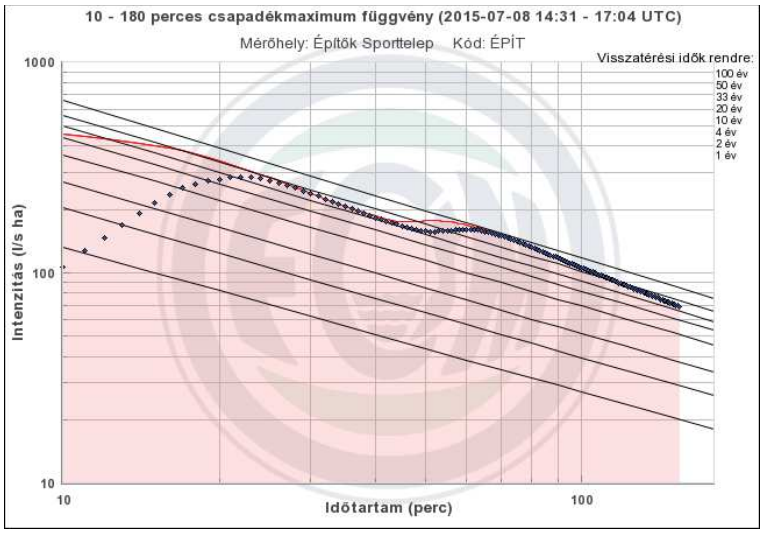
45. ábra. Csapadékmagasságok a Budapest területén 2015.07.08-án átvonuló zivatar nyomán

A vihar a csapadékintenzitások tekintetében is jelentős volt. A csapadékintenzitás tízperces értékei tekintetében a csúcsintenzitások a X. Építők Sporttelepen meghaladták az 500 l/(s.ha) értékeket, Kamaraerdőn és a Soroksári úti átemelőnél pedig a 400 l/(s.ha)-t.



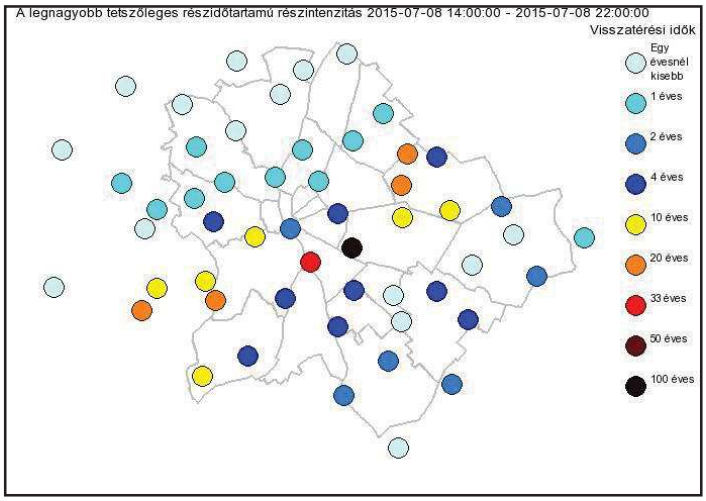
46. ábra. 10 perces mozgóátlagolt csapadékadatok a főváros egyes csapadékmérőin (Népliget, Ferencváros-Soroksári út, Budafok-Kamaraerdő, Árpádföld-Pál utca)

Az észlelt csapadékadatok alapján meghatározott részintervallumokhoz tartozó legnagyobb intenzitás adatok alapján megállapítható volt Kőbányán, az Építők-Sporttelepen közel 100 éves visszatérési időhöz tartozó intenzitás érték.



47. ábra Csapadék intenzitások a rész-intervallum módszer alapján, 2015.07.08, Építők Sporttelep, Budapest

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, ezen kívül négy helyen a 20 éves, 6 helyen a tíz éves visszatérési időt haladta meg a csapadék intenzitása.



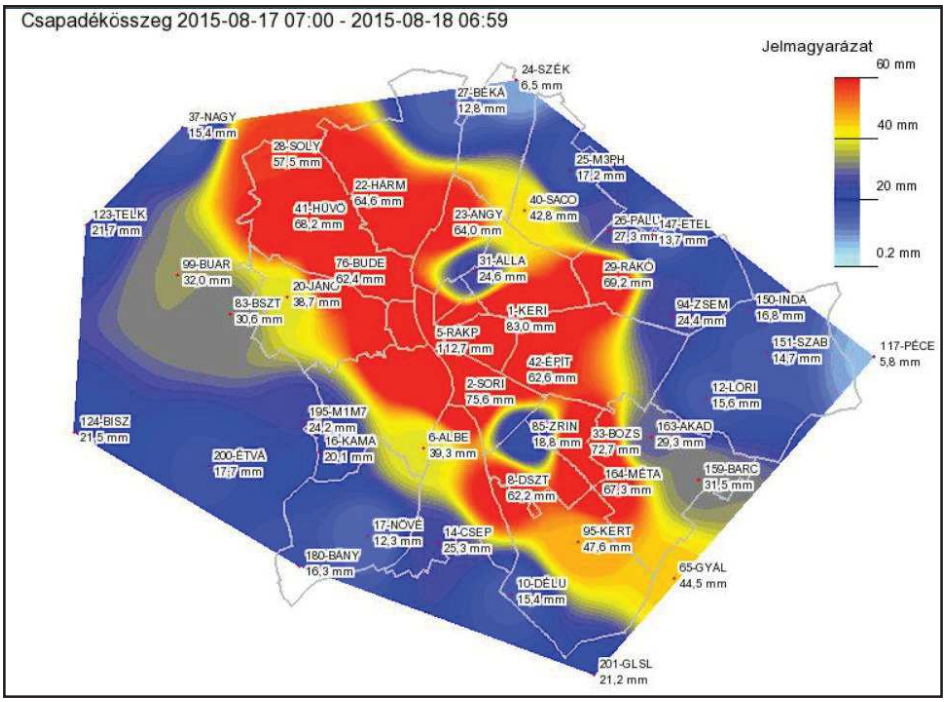
48. ábra. Csapadék részintervallumok intenzitásának szélsőértékei a használatos csapadékmaximum függvény szerint 2015.07.08-án

A 2015.08.17.-i felhőszakadás a 08.05-től Magyarország teljes területén rendkívül forró időjárási periódust zárta le, melyet 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. 08.17-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[54]. A zivatar kialakulásához szükséges feláramlást a felforrósodott városi környezet is biztosíthatta.

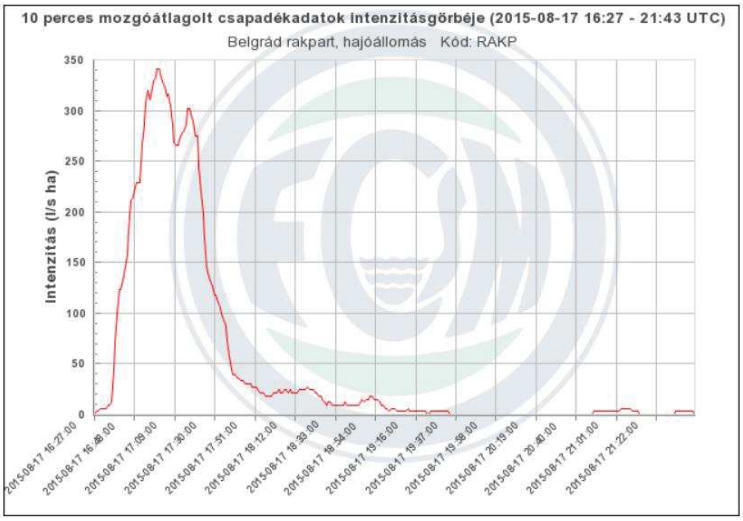
A 17-i felhőszakadás alkalmával mért csapadékmagasságok az FCSM saját mérőhálózatában jól mutatják az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) vonatkozó tanulmányaiban leírt folyamatot, a csapadék fővárosi eloszlása mutatja az északnyugat-délkelet irányban kialakuló csapadékmaximumokat. A legmagasabb mért csapadékmagasságok a Solymár-Pestszentimre vonalban alakultak ki, mértékük jellemzően 60-70 mm volt. Csapadékmérőinkről a Belvárosban a Belgrád rakpartról érkezett a legnagyobb csapadékmagasságról adat, itt 109,5 mm hullott. Az OMSZ a Belvárosban 115,4 mm-t jelzett[55].

[54] Horváth Ákos, 2015b
[55] Kovács Tamás, 2015

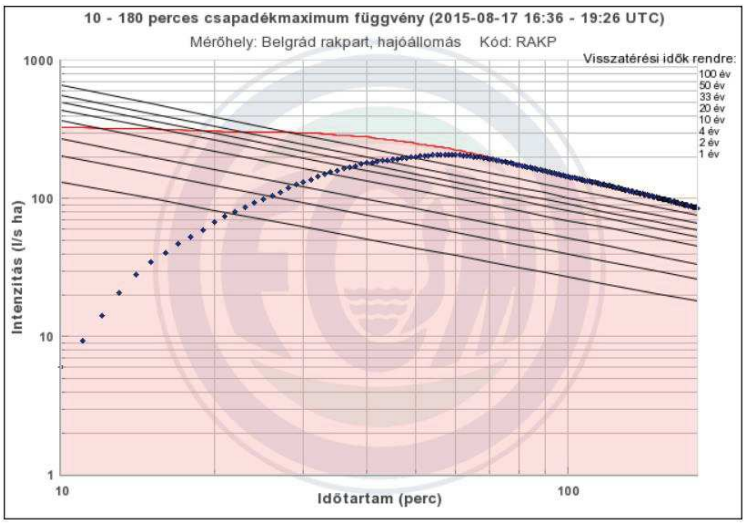


49. ábra. Csapadékmagasságok Budapest területén a 2015.08.17-én hullott csapadékból

A Belgrád rakparton telepített csapadékmérőnkön a 10 perces intenzitások csúcsértéke 340 l/(s.ha) volt. A mérőn a három órát meghaladó első 180 percében 100 éves visszatérési időt meghaladó intenzitású csapadék részintervallum alakult ki, és a csapadék intenzitása a teljes időtartamára vetítve is a 100 éves visszatérési időhöz meghatározott érték felett alakult.



50. ábra. A Belgrád rakparti csapadékmérő 10 perces intenzitásai.

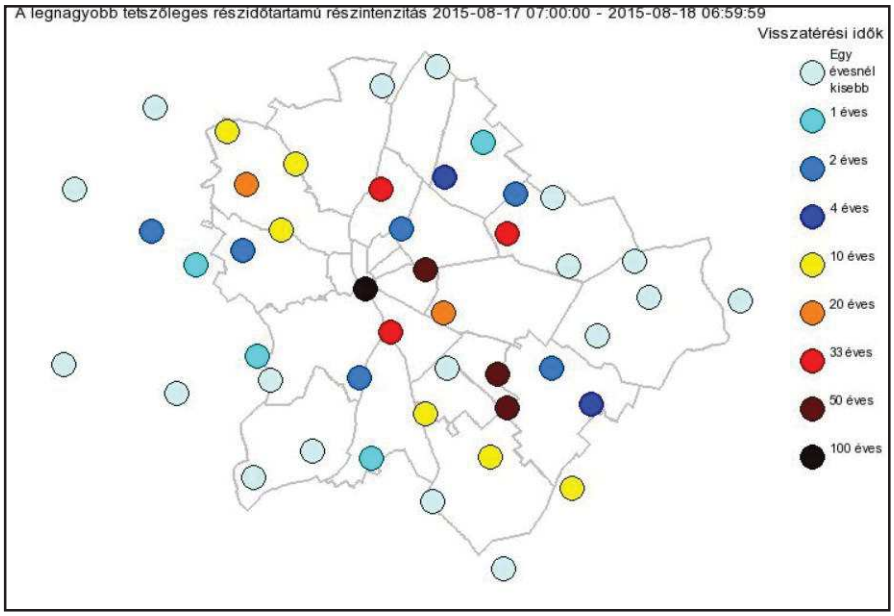


51. ábra. A Belgrád rakparti csapadékmérő részintervallumainak intenzitásai, 100 éves visszatéréshez tartozó egyenest meghaladó értékekkel

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 partvédőmű 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.



52. ábra. Csapadék részintervallumok intenzitásának szélsőértékei a használatos csapadékmaximum függvény szerint, 2015.08.17-én

A 08.17-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 tíz éveset pedig hat helyen haladta meg a csapadék intenzitása a zivatar valamely fázisában.

4. 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 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 adatot, 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 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.

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	mm-nél több csapadék előfordulási 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

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

Az 1. táblázatból látható, hogy a 10 mm-es küszöbértéket felvéve a 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 három mérőn fordult elő, ennél nagyobb csapadékok esetében ismétlődést 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), amely 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 két helyszínen volt három ismétlődés, és hat helyen kétszeres előfordulás. 50 mm-t meghaladó csapadékot egy mérő esetében észleltek három alkalommal, és négy mérőn két alkalommal, a 60 mm küszöbérték esetében csupán három 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 képezi[56] (továbbiakban IDF görbékként hivatkozva).

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

A csapadékesemények csapadékának, csapadékintenzitásának térbeli 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.

	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

2. táblázat Szélsőséges intenzitásértékek megoszlása a vizsgált felhőszakadás adatai alapján

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 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.

[56] MI-10-455/2-1988 Belterületi vízrendezés. Csapadékvíz elvezető hálózat hidraulikai méretezése

	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

3. táblázat Extrém csapadékintenzitások előfordulása, illetve ismétlődése a vizsgált felhőszakadások során

A táblázat első sora azt mutatja be, hogy az valamely szélsőséges intenzitás, vagy annál nagyobb hányszor fordult elő a mérőkön. A második sor azt mutatja, hogy hány olyan mérő volt, ahol azonos visszatérési időhöz tartozó extrém intenzitásérték, vagy nagyobb fordult elő. Eszerint négy olyan mérő volt, amelyen az extrém értékek valamelyike legalább kétszer előfordult, három mérőn történt meg, hogy a 33 éves visszatérés vagy annál nagyobb intenzitás kétszer volt tapasztalható. Olyan mérő, amelyen háromszor esett meg valamely extrém intenzitás, egy 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 teljes körűen alkalmasak arra, hogy kellő alappal biztosítsák a tervezés kiindulási adatait.

5. Néhány gondolat a nagycsapadékok statisztikájáról és a kutatás irányairól

A 2015.07.08-i, 2015.08.17-i és 2017.05.23-i csapadékesemények kapcsán az Országos Meteorológiai Szolgálat négy tanulmányt is közrebocsájtott. A csapadékintenzitás szempontjából a következő megállapítások idézése szükséges.

A 2015.08.17-i nagycsapadékról az OMSZ honlapján megjelent tanulmány[57] 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

[57] Kovács Tamás 2015

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[58] a Várhegy oldalában[59], az OMSZ jogelődjének észlelőkertjében. A tanulmányban is említik az 1937.05.23-i 93,9 mm-es nagycsapadékot, valamint a főváros közelében, Gyömrőn 1963.09.02-án hullott 202,7 mm csapadékot. Ide sorolható még a 2010.05.31-i felhőszakadás, amely Törökbálint és Budaörs területén hullott, de Budapest területén vízkárt okozott a Hosszúréti-patak hirtelen kialakuló árvize révén.

A 2017.05.23-i nagycsapadékról kiadott OMSZ tanulmány[60] 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 2015.08.17-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

[58] Meteorológiai 1875
[59] OMSZ 2017
[60] Lakatos-Hoffmann 2015

területen megoszló csapadék szimuláció, kifejezetten az extrém nagycsapadékok előfordulására vonatkoztatva.

Jelenleg a 70-es években meghatározott IDF görbék kerülnek alkalmazásra és ismert, hogy a témakörben folynak kutatások a függvények megújítása érdekében[61]. 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[62]. 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 raszterben 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 és az adatok értelmezésének és feldolgozásának feladataira.

6. Köszönetnyilvánítás

A Fővárosi Csatornázási Művel Zrt. Ár- és Belvízvédelmi Osztálya által gyűjtött és feldolgozott csapadék adatok 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.

[61] Varga-Buzás-Honti 2016
[62] Deo-Seed-Delrieu, 2013

Felhasznált irodalom

1. Rácz Tibor et al, 2015: Rácz Tibor, Bana Zsolt, Székely Árpád, Tóth Katalin: A Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. csapadékmérő rendszere, a 2014. év május-szeptember időszak csapadékviszonyai a főváros területén. http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/33/dolgozatok/word/0508_racz_tibor.pdf (letöltés dátuma: 2017.09.29.)
2. IDŐJÁRÁS.HU, 2015: http://www.idojaras.hu/jegeso-es-ozonviz-tarolta-le-a-fovarost (letöltés dátuma: 2017.09.29.)
3. Horváth Ákos, 2015a: Horváth Ákos: Forró periódust záró zivataros hidegfront, szupercellákkal július 8-án. http://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1350&hir=Forro_periodust_zaro_zivataros_hidegfront,_szupercellakkal_julius_8-an (letöltés dátuma: 2017.09.29.)
4. Horváth Ákos, 2015b: Horváth Ákos: A 2015. augusztus 17-i villámárvizeket okozó időjárás elemzése. http://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1382&hir=2015._augusztus_17-i_villamarvizeket_okozo_idojaras_elemzese (letöltés dátuma: 2017.09.29.)
5. Kovács Tamás 2015: Kovács Tamás: Felhőszakadás 2015. augusztus 17-én. : Felhőszakadás 2015. augusztus 17-én. http://met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1380&hir=Felhoszakadas_2015._augusztus_17-en (letöltés dátuma: 2017.09.29.)
6. MI-10-455/2-1988 Belterületi vízrendezés. Csapadékvíz elvezető hálózat hidraulikai méretezése
7. Meteorológiai, 1875: Meteorológiai és Földdelejességi följegyzések a M. K. Központi Intézeten, Budapesten, 1875 június hóban. Természettudományi Közlöny, 1875. pp 2295-296.
8. OMSZ 2017: OMSZ története. http://www.met.hu/omsz/OMSZ_tortenete/ (letöltve 2017.09.30.)
9. Lakatos-Hoffmann 2017: Lakatos Mónika, Hoffmann Lilla: Rendkívüli csapadékhullás Budapest belvárosában, 2017.05.30. http://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1885&hir=Rendkivuli_csapadekhullas_Budapest_belvarosaban (letöltve 2017.09.28.)
10. Varga-Buzás-Honti 2016: Varga Laura, Buzás Kálmán, Honti Márk: Új csapadékmaximum-függvények. Hidrológiai Közlöny 96:(2) pp. 64-69. (2016)

11. Deo-Seed-Delrieu., 2013: Dong-Jun Seo, Alan Seed, Guy Delrieu: Radar and Multisensor Rainfall estimation for Hydrologic Applications, in Rainfall: The State of Science, Geophisical Monograph Series, American Geophisical Union, Washington DC, 2013, pp 105-125

20. Gerőfi-Gerhardt András: Budapest belváros csapadékvíz elvezető rendszerének bővítési lehetőségei

Kulcsszavak: csapadékvíz elvezetés, kapacitásbővítés

1. Bevezetés

1. kép, Elöntés Budapest XVIII. kerületében 2015. augusztus 17-én

Az 1. kép 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 csapadékintenzitások 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 kapacitás bővítése jelentős feladat elé állítja a szakembereket, üzemeltetőket, tervezőket és kivitelezőket egyaránt. A kapacitás bővítését szolgáló művek tervezése és kivitelezése a közművekkel, illetve egyéb földalatti létesítményekkel „teleépített” városban szinte lehetetlen.

2. Fejlesztési lehetőségek vizsgálata

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

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

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

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

2.1 Szivattyútelepek

A szivattyútelepek a csatornahálózat végpontjain találhatóak, melyek az oda érkező szennyvizeket és hígított vizeket a mindenkori vízjogi üzemeltetési engedélyeknek megfelelően továbbítják a szennyvíztisztító telepekre. A szennyvíztisztító telep kapacitását meghaladó mennyiségű záporvizek közvetlenül a befogadóba, azaz a Dunába vezethetőek. 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 vizeket gravitációs úton a befogadóba továbbítani. Magas Duna vízállás mellett a záporvizek elvezetése csak kényszeráramoltatással oldható meg, melynek kapacitása a gravitációs kivezetés lehetőségeihez képest jelentős mértékben korlátozottabb, a beépített szivattyú teljesítmény függvénye.

A szivattyútelepek működését befolyásolják a záporvizek által nagy mennyiségben bemosott csatornaiszap, szálas anyagok hulladékok, és egyéb szennyeződések hatására. Jellemző példa erre a szűrőrácsok dugulása, mely szélső esetben jelentős visszatorlasztást is okozhat a városban. A szivattyúk dugulása is gyakori. A 2. kép egy nagyméretű szivattyút mutat, melyet a telepre érkező szálas anyagok, rongyok és egyéb, nem szennyvíz „jellegű” összetevők eldugítottak.

2. kép, Dugult, üzemképtelenné vált szivattyú

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, szivattyú indítások átszervezése. A meglévő szivattyúk indítási szintjeinek lehetőség szerinti csökkentésével kisebb mértékben ugyan, de esetenként növelhető a telepek kapacitása, csökkenthető az elöntések kockázata;
- Szűrőrácsok ellenállásának csökkentése: Ezt jellemzően nagyobb, dugulásra kevésbé hajlamos, nagyobb pálcaközű rácsok 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, ennek folyománya lehet a nyomóvezeték és a szívótér méreteinek növelése is, ami jelentős mélyépítési költséget is jelent.

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 első sorban 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 katasztrófahelyzetek kezelését, megelőzését nem segíti, ha az üzemeltetőt az elöntések elkerülése érdekében a városból a befogadóba továbbított hígított víz kapcsán bírság fenyegeti.

2.2 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, mely jellemzően a síkvidéki, kedvezőtlenebb lejtésviszonyokhoz igazodva tojás szelvényalakkal készült. A város belső kerületeinek csatornáira jellemző ezért a viszonylag nagyobb szelvényméret, ami nem csak jobb hidraulikai levezető képességet, 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 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, beszivárgás 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 „teltház" 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 metró építések kapcsán a csatornahálózat szempontjából káros tendencia volt jellemző. A metró és csatorna keresztezési pontoknál 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, mely 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 Kossuth Lajos utca vonalában kialakult közműhelyzet ezt nem teszi már lehetővé.

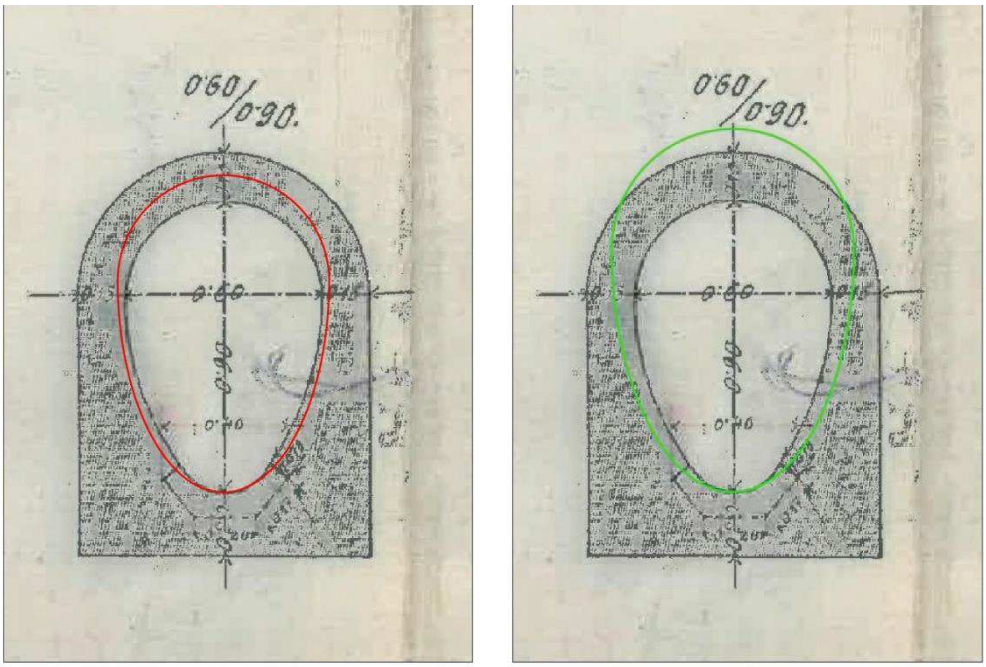
Megoldást a meglévő hálózat kapacitását fokozó beavatkozások nyújthatnak, melyek jellemzően

- új tehermentesítő, záporvíz leválasztó összekötések létesítése;
- illetve a meglévő nyomvonalak felbővítése útján valósíthatóak 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 budapest-belvárosi csatornarendszernek van egy kedvező tulajdonsága, amit hatékonyan ki lehet használni, mégpedig a szelvények nagy szerkezeti mérete. A tradicionális tégla falazatú, illetve beton anyagú csatornák robusztus szerkezetűek, nagy helyet foglalnak. A nagyméretű tojás, illetve szekrény szelvényű csatornák helyébe reális megoldás a kisebb falvastagságú, például ÜPE anyagú, csatorna fektetése, mellyel így akár egyel, esetleg kettővel nagyobb dimenzió is beépíthető, a vízszállító képesség növelhető. Ennek sematikus megoldását mutatja

be a 3. kép. 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. kép, bal oldal: 60/90 cm csatorna cseréje 70/105 cm; jobb oldal: 60/90 csatorna cseréje 80/120 cm méretben

A 3. képen 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 realitását az a körülmény is növeli, hogy a belső kerületek 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 kapacitás bővítés 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.

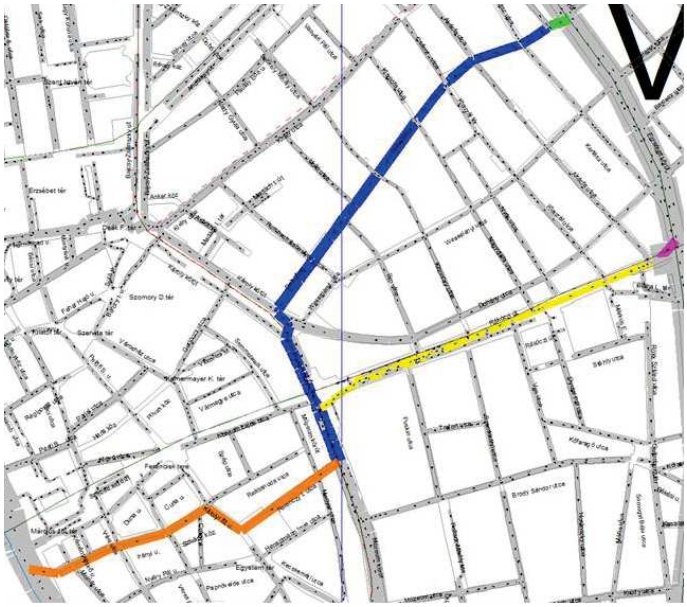
A kapacitás növelés lehetőségeinek keresését hatékonyan lehet támogatni hidraulikai modellvizsgálatokkal, sőt, megfelelő döntés-támogatás nélkül nem is képzelhető el hatalmas, több milliárdos költségű beruházások beindítása.

FCSM az elmúlt években több vízgyűjtő területen is végzett átfogó hidraulikai elemzést. Ezen vizsgálatok során figyelembe vették a közbenső átemelő telepek vízszállítását csapadékvízzel terhelt állapotban, a valós csapadékvíz mérések eredményeit, egy esetben pedig lézer-szkenneléses technológiával készült terepmodellt is.

Olyan szoftveres alkalmazás, modell, mely 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 élőmunka igényes kalibrálása nem hagyató el. 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 állíthatóak, ami a tekintélyes beruházási pénzek elköltésénél igen fontos szempont.

A következő, 4. számú kép bemutatja a lefolyás szimulációs vizsgálat több, a belvárosban kijelölt távlati tehermentesítő nyomvonalát.



4. kép, Budapest belvárosban a Nagykörút és a Duna közötti területen tehermentesítés, illetve kapacitás bővítés céljára kijelölt nyomvonalak vázlata, részlet a hidraulikai modellvizsgálatból

A színessel jelölt nyomvonalakon meglévő egyesített rendszerű csatornák húzódnak, melyek 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, mely a megfelelő üzemi összekötésekkel egybefüggő tehermentesítő csatornát képeznek.

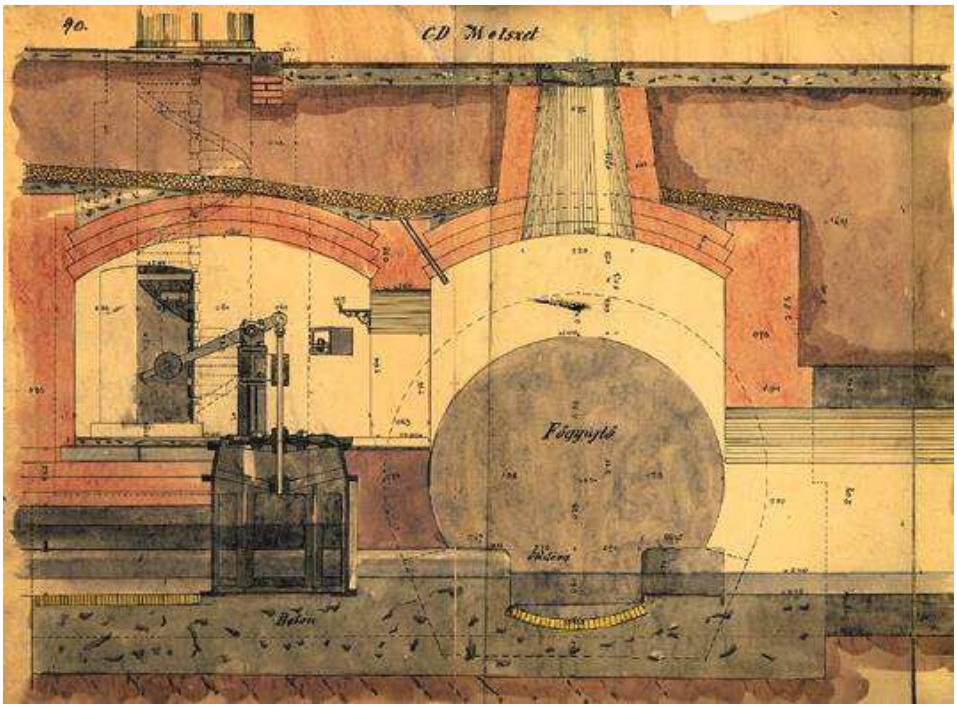
A modellvizsgálatok kimutatták, hogy a fenti képen látható tehermentesítő csatorna beüzemelése 50 cm-rel is képes csökkenteni a hálózatban kialakuló vízszinteket.

A lefolyás-szimulációs vizsgálat eredményei jó alapjai lesznek a további tanulmányt tervi szintű tervezésnek.

2.3 Záporvíz leválasztó művek

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

2.3.1 Tányérszelepek



5.kép, Tányérszelep korabeli tervlapja

6.kép, Beépített tányérszelepek a Pesti-oldali Duna-parti Főgyűjtőn

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 tányérszelep kamrába 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 ellensúly szerkezet automatikusan visszazárja.

A tányérszelepek működése megbízható, kevésbé jelentenek üzemeltetési kockázatot.

2.3.2 Torló-pajzsok

A fővárosi hálózaton a torló-pajzsok az 1990-es évek során épültek be. A velük kapcsolatos üzemeltetési tapasztalatok kedvezőtlenebbek, mint a tányérszelepek esetében szerzettek, működésük sokkal bizonytalanabb.

Az uszadékok (pl.: 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.kép, Torló-pajzs Duna felőli oldala

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

2.3.3 A fejlesztés javasolható irányai

A csapadékvíz leválasztási pontok fejlesztésének célja kettős:

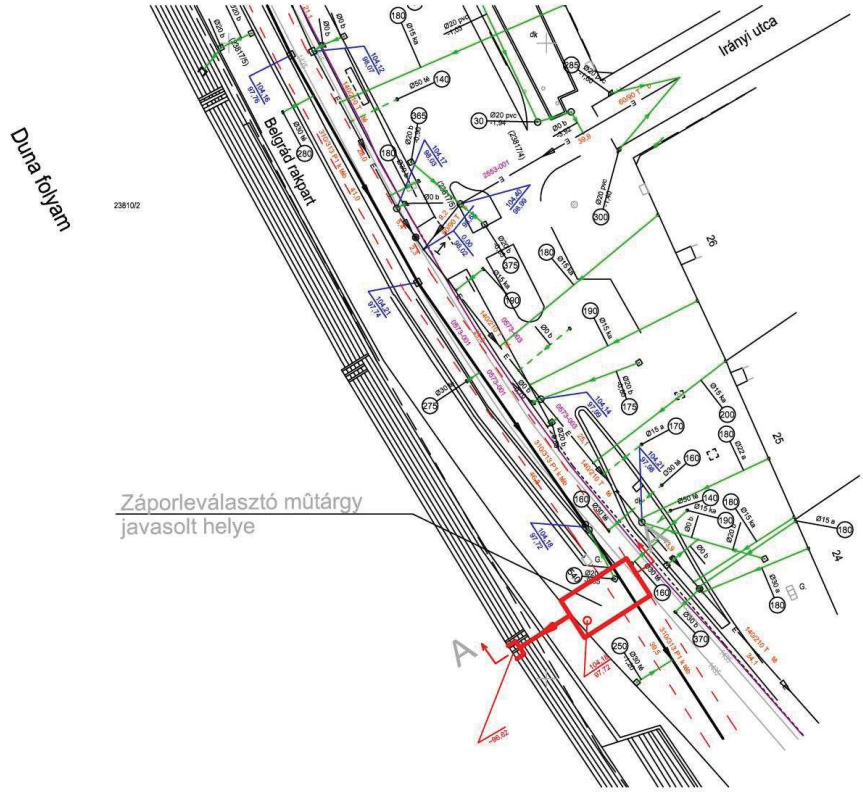
- Meglévő leválasztási pontok üzembiztonságának növelése:

Kevésbé üzembiztos torló-pajzsok cseréje távvezérelhető zsilipekre. Ezek a beavatkozások viszonylag kisebb beruházási költség mellett végrehajthatóak, jellemzően a műtárgy kisebb mértékű átalakítása szükséges a meglévő kamrán belül, ezen felül a zsilipszerkezet beépítése és a távfelügyelet kiépítése merül fel. Az üzembiztonság növelése nem csak a záporvíz leválasztás biztonságát növeli, hanem lényegesen csökkenti árvízi védekezés idején az élőmunka igényt.

- Új záporvíz leválasztási pontok kialakítása

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

A javaslatok közül egy szemléletes példát mutat be a 8. képen 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 vízszint csökkenést képes biztosítani a hálózat hatásterületen belüli részén.



8. kép, Új záporvíz leválasztó tányérszelep elhelyezési vázlata az Erzsébet-hídtól délre a Belgrád rakparton

3. Összefoglalás

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

A Budapest belvárosi csatornahálózat bővítésének lehetőségei ugyan sok szempontból korlátozottak, de azért számos műszaki lehetőség 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. Elöntés-mentes állapot nincs, nem érhető el.

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

Katasztrófahelyzetben, 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 előírás rendszer. Vészhelyzetben a hatóságok rugalmassága is szükséges, nem szabad, hogy a beavatkozási kényszerben lévő üzemeltetőt bírságoktól, esetleg hatósági elmarasztalásoktól való fenyegetettség korlátozza.

21. Hajtó Ödön: A vízügyi szabályozás és a csőstatika példája

Regulatory in the watermanagement and structural design of pipelines

Absztrakt:

Bár legtöbb település vízelvezetése egyesített rendszerben kezdett megvalósulni, erős indokok szólnak a szennyvizek és felszíni csapadékvizek szétválasztása mellett. Mind az egyesített, mind az elválasztott rendszer kritikus állapotba kerül heves esőzés alkalmával. E problémát sokkal inkább műszaki kérdésként, mint katasztrófaként kell kezelni. A Nemzeti Mellékletekkel, Nemzeti Szabványokkal, Nemzeti Irányelvekkel kiegészített Európai Szabványok megfelelő keretet biztosítanak a települési vízelvezetés tervezéséhez, kivitelezéséhez, fenntartásához és felújításához.

Abstract

Although many drain and sewer system outside buildigs started out as combined systems there are strong arguments for considereing the separation of foul wastewater and surface water. Both the combined and the separated system led to difficulties in the handling the peak flows in times of heavy rainfal. The handling of this problem is much more technical as catastrophic. The European Standards completed with National Annex or National Standard or National Specification provide a framework for the design, construction, maintenance operation and rehabilitation of drain and sewer systems outside bulinding.

Történeti kitekintés

Távolról kezdem, hogy azután egy konkrét részletkérdésen példával is utaljak megoldandó feladataink sokaságára. A tárgyhoz akkor kerültem közel, amikor szerkezettervező osztályvezetőként a MÉLYÉPTERV-nél 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 ún. Reform-Országgyűlés számára, ebben a javaslatcsomagban a VIII. sorszámú a vizek szabályozásáról és utak készítéséről szól. [63] Javaslataiból kettőt emelek ki.

---

[63] Erről szól a STÁDIUM című könyve, melyet megírásakor, 1831-ben a cenzúra nem engedett kiadni, ezért azután külföldön nyomták ki 1833-ban.

Széchenyi egyik előterjesztése szerint a vizek és az utak szabályozása - nagyobb kiterjedésű összefüggéseik miatt - helyi szinten nem oldhatók 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, melynek feladata az elvek meghatározásán túl a gyakorlati megvalósítás felügyelete, továbbá a magánérdekek és a közérdek összehangolása volt.

Ugorjunk 180 évet előre, 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, országos szinten a vizeket a katasztrófák körébe sorolja, melyek ellenében az állam véd meg mindannyiinkat. A *vízgazdálkodásról* szóló 1995. évi LVII. törvény 2§ (1) bekezdés l) pontja 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. Széchényi szerint a vízi építmények közhasznú létesítmények, így közteher-viseléssel kell megvalósítani azokat. Széchenyi szerint nemcsak abban az értelemben közhasznúak, hogy csupán a víz mellett élőknek kedvez, mert az Ország így előálló nagyobb gazdasági teljesítményéből az egész nemzet jobbléte részesül. Erről szól az *„egyesek költségein készítendő vízi munkálatoknak előmozdításáról”*szóló 1836. évi XXXVI törvénycikk, mely az akkori latifundiumos, feudális földbirtokrendszer keretei között merész előrelépés volt.

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, melyekre 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. És itt 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 várható központi témájához, a 2017.08.01-én 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

Az új szabvány megadja a vízelvezető és csatornarendszerekkel kapcsolatos mindazon követelményeket és alapelveket melyek 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 1. táblázatot:

MSZ EN 476:2012	Vízelvezető vezetékek és csatornák elemeinek általános követelményei	angol
MSZ EN 858-2:2003	Könnyű folyadékok (pl. 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	Szennyvízelvezető 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 kitakarás nélküli fektetése és vizsgálata	angol
MSZ EN 13508-1:2013	Települések csapadék- és szennyvízelvezető rendszereinek állapotvizsgálata és értékelése. 1. rész: Általános követelmények	angol
MSZ EN 14654-1:2014	Települések vízelvezető és csatornarendszereiben végzett műveletek irányítása és ellenőrzése. 1. rész: Tisztítás	angol
MSZ EN 14654-2:2013	Települések vízelvezető és csatornarendszereiben végzett műveletek irányítása és ellenőrzése. 2. rész: Helyreállítás	angol
MSZ EN 15885:2012	Vízelvezető 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 vízelvezetéshez és csatornázáshoz. 1. rész: Csövek, idomok és kötések követelményei	magyar
MSZ EN 295-3:2012	Vízelvezetési 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

1. táblázat

Az említett 15 szabványból csak 2 van magyarra fordítva. Úgy az MSZ EN 752 és az további 15 szabvány lehetővé teszik nemzeti hatáskörben további szabványok, szabályok és módszerek kidolgozását, bevezetését, ennek elvégzése előttünk álló feladat. Nem lehetünk meg anélkül,

hogy az európai EN szabványokhoz nemzeti alkalmazási mellékleteket, kiegészítéseket készítsünk, de nem lehetünk meg az ágazati korábban MSZ-10 irányelvek nélkül sem, de lehetnek azok Vízügyi Műszaki Elírások is. Lényeg, hogy országosan egységes biztonsági szinten költsük el a települési vízelvezetésre rendelkezésre álló pénzeket.

Egy kiemelt példa: csőstatika

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

2001. október

MAGYAR SZABVÁNY **MSZ EN 1295-1**

Földbe fektetett csővezetékek statikai számítása különböző terhelési feltételek esetén

1. rész: Általános követelmények

30 oldal magyarul

Ez a 2001-es szabvány már elavult, megjelent az új kiadása, az **EN 1295-1:2017,** melyet az MSZT még nem vezetett be magyar szabványként. Ennek a statikai számításra vonatkozó szabványnak a módszere megegyezik az előzőével: csak 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 az alábbi 206 oldalas segédletével, mely két számítási eljárást is ajánl az egyes országoknak.

TECHNICAL REPORT **CEN/TR 1295-3**

RAPPORT TECHNIQUE

TECHNISCHER BERICHT July 2007

ICS 23.040.01

English Version

Structural design of buried pipelines under various conditions of loading - Part 3: Common method

12 CEN tagország[64] saját hatáskörben - különböző hagyományaik alapján - már szabályozta az erőtani tervezést, melyek segítségül szolgálhatnak egy hazai szabályozás megalkotásához. Volt nekünk korábban hazai szabályozásunk is, de ez az 55 oldalas Irányelv 1993.04.15-én visszavonásra került.

3. kiadás 1980. 06. hó — 628.2:624.04

Országos Vízügyi Hivatal Műszaki Irányelvek	KÖZCSATORNÁK TERVEZÉSE Csatornák erőtani tervezése	MI-10 167/4—78 G 21

Проектирование коммунальной сети.
Статический расчет коммунальной сети

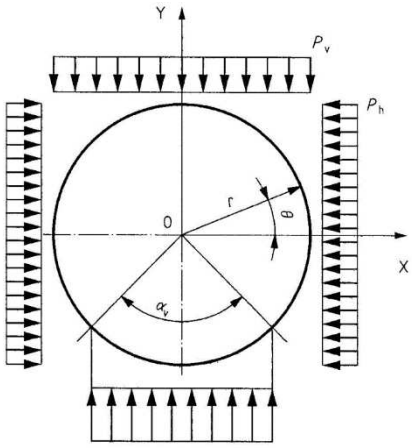
Planning of public services.
Static calculation of public services

E Műszaki Irányelvek a kör szelvényű, előre gyártott, állandó falvastagságú, kereszt- és hosszirányban alakváltozásmentesnek (merevnek) tekinthető csövekből épülő csatornák erőtani tervezését szabályozza.

E Műszaki Irányelvek sorozat ezenkívül még a következő irányelvekből áll:

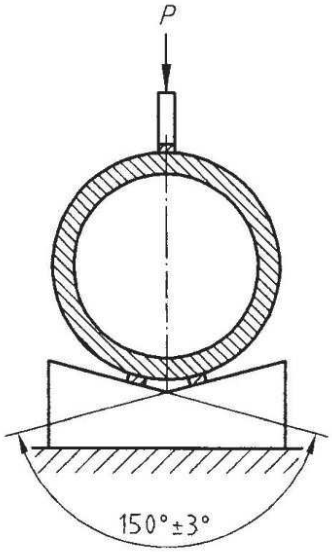
MI-10 167/1 –. A csatornázás rendszere és kialakítása
MI-10 167/2 –. A hálózatot terhelő fajlagos vízmennyiségek
MI-10 167/3 –. Hidraulikai méretezés
MI-10 167/5 –. Csatornák és műtárgyaik kialakítása
MI-10 167/6 –. Csatornák és műtárgyaik anyaga

Példák a csőstatika keretében megoldandó feladatok jellemzése



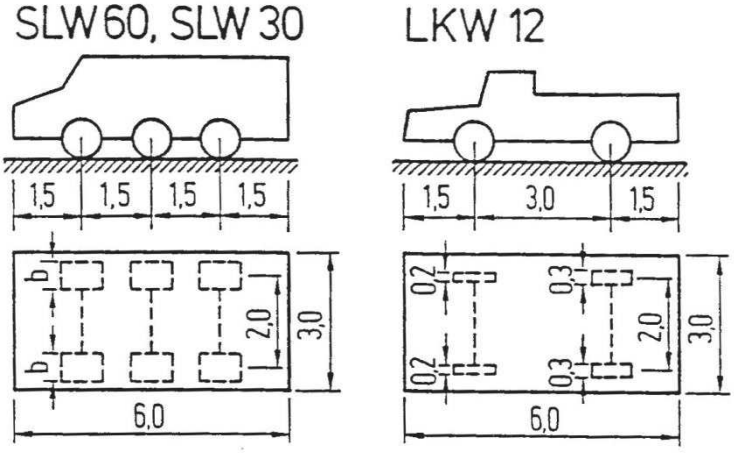
A földbe fektetett csőre ható terhelést ilyen ábra szerint kapom meg

[64] Ausztria, Belgium, Dánia, Finnország, Franciaország, Németország, Hollandia, Norvégia, Spanyolország, Svédország, Svájc, Egyesült Királyság.

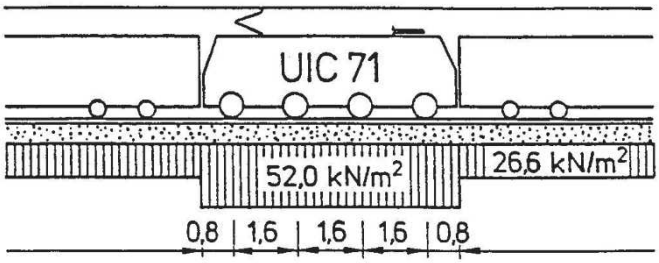


A piacon a beton és kőagyag csövek teherbírását így vizsgálják

Egyértelmű matematikai összefüggést kell adjunk a kettő között.



Magyarországon milyen közúti terheléssel kell számolni a különböző útkategóriák esetében?



Magyarországon milyen vasúti terheléssel kell számolni a különböző vasútvonalak esetében?

Összefoglalás, zárszó

Jelen konferenciától nem várhatunk mást, minthogy javaslatokat fogalmazzunk meg a politika felé, egyrészt a települési vízgazdálkodásnak az állami közigazgatás rendszerében való elhelyezésére, másrészt arra vonatkozóan, hogy a szakmai szabályozás, szabványosítás állami költségre elvégzendő közfeladat. Ki kell használni azt a jogi lehetőséget is, hogy jogszabállyal szabványok és szakmai előírások alkalmazását kötelezővé lehet tenni, ami az uniós joggal is összhangban van.

22. Hancz Gabriella: A fenntartható csapadékcsatornázás várható eredményei debrecen példáján

Expected results of sustainable drainage in debrecen

Absztrakt: A települések vízgazdálkodásának több célja és ennek megfelelően több részfeladata létezik. Ahogy a vízgazdálkodással kapcsolatos problémák változnak, úgy a célok és az eszköztár is változik. A csapadékvízcsatornázás az egyik feladat, melynek célja és eszköztára jelentősen megváltozott részben a klímaváltozás hatásai-, részben az urbanizációs folyamatok hatására. Ugyanakkor ez kihat a települési vízgazdálkodás többi részfeladatára is, a vízellátásra - beleértve a vízkészlet gazdálkodást, a vízbázis védelmét, a víztisztítást, a vízigények meghatározását - és a szennyvízcsatornázásra - beleértve a szennyvíz összegyűjtését, -tisztítását, valamint elhelyezését. Mindezt a szakirodalom évtizedek óta feltárta és a problémák integrált megoldását kínálja a csapadékvíz gazdálkodás eszköztárának alkalmazása révén. A zöld infrastruktúra megvalósítását azonban térben és időben ütemezve fogjuk megvalósítani, kérdés, hogy ezt milyen szinten tervezzük, mennyire tartjuk fontosnak. Ez az ütemezés a fenntarthatóságnak is feltétele, hiszen egy meglévő-, üzemelő településen nincs lehetőség egy teljes közműrendszer teljes átalakítására. A tanulmányban Debrecen példáján javaslatot teszek a figyelembe vehető szempontok rangsorára, ennek alapján pedig lehetséges forgatókönyveket vázolok fel.

A tanulmány egyik célja közelítő számítást készíteni arról, hogy különböző forgatókönyvek esetében a fenntartható csapadékcsatornázás, vagy zöld infrastruktúra alkalmazásával a vízkészletek éves szinten hány köbméterrel növelhetők és ez milyen arányban van a felszínre hozott rétegvíz mennyiségével Debrecenben. Ezt térinformatikai eszköz segítségével határozom meg.

Másik célom a tanulmány alapján egy olyan project tervet javasolni, melynek eredményeképpen a zöld infrastruktúra megvalósításának ütemezését segítő algoritmust kaphatunk. A szempontrendszernek és ütemezésnek a teljes körű-, konkrét adatokra és üzemeltetői tapasztalatokra alapozott kidolgozása egy körülbelül tizennyolc hónapos project eredménye lehetne. Ezen adatok térinformatikai rendszerben történő feldolgozása célszerű eszköze lesz a települési zöld infrastruktúra kiépítésének a térbeli- és időbeli ütemezés során.

Kulcsszavak: optimalizálás; városi víz körforgás; lehetséges forgatókönyvek; felszín alatti vízkészletek védelme; térinformatikai alkalmazás

Abstract: Urban water management consists of several problems and several corresponding

tasks and challenges. Varying problems bring forward varying goals and solutions. Urban storm water management has changed a lot because of climate change and urbanization. This change has a significant effect on other urban water management issues as well like water supply, waste water collection and treatment, water resources management and water resources protection. The possible resolution to most of these interrelated issues is sustainable drainage or green infrastructure. However, this cannot be implemented in whole urban areas at once that is why we need to prioritize the aspects we use to decide about the order of implementation in different sub catchments. This prioritization is inevitable to ensure sustainability of the development as well. In the study I recommend a possible ranking of aspects for Debrecen, a Hungarian town. Based on the recommended ranking I estimate the prospective amount of water that is recharged into the deep ground water resources by applying green infrastructure for infiltrating rainwater from rooftops within the protection zone. This calculation is carried out for different scenarios and the results are compared with the abstracted amount of water. The calculations are assisted with an open source GIS software OpenJUMP. Another goal of the study was to introduce a project proposal with the goal of developing a decision support algorithm to help planners and decisionmakers in their job. The development of such a guide would need the collection of wide-ranging data, the consideration of the stakeholders' aspects and using some GIS tool.

Keywords: optimization; urban water cycle; possible scenarios; deep ground water resources protection; applied geospatial information system

Bevezetés

A zöld infrastruktúra – a továbbiakban ZI, – egy gazdaságos és rugalmas megoldás a városi csapadékvíz gazdálkodással kapcsolatos problémák megoldására és ezen felül további előnyöket biztosít. Amíg a csak technikai csapadékvíz elvezetés megoldásai - csatornázás, szennyvíztisztítás – kizárólagos célja a csapadékvíz elvezetése az épített környezetünkből, a zöld infrastruktúra a keletkezés helyén biztosítja a lefolyó csapadékvíz tisztítását és mennyiségének csökkentését, ezáltal segít helyreállítani a vízkörforgást [3.].

A városokban a diffúz szennyezés legfőbb forrása a burkolt felületekről lefolyó csapadékvíz. Mivel nem tud a keletkezés helyén beszivárogni, a csapadékvíz a felszínen lefolyik, amíg bejut a csatornarendszerbe, majd a felszíni befogadóba. Eközben magával szállítja a légkörből és a gépjárműforgalomból, építkezésből származó sokféle szennyezőanyagot – darabos szemét, baktériumok, nehéz fémek, 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, melyek több funkciót betöltő 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 pl. a városi ökoszisztéma fenntartása és gazdagítása, városi hősziget jelenség csökkentése; zaj- és levegőszennyezés csökkentése; városi mikroklíma javítása, stb.

A koncepció kis eltérésekkel más megközelítésben és néven is ismertté vált – vízérzékeny várostervezés (*Water-Sensitive Urban Design*), kis hatású fejlesztés (*Low-Impact Development*), záporkezelés legjobb gyakorlata (*Stormwater Best Management Practices),*

vagy fenntartható csatornarendszerek (*Sustainable Urban Drainage Systems*). A városi vízgazdálkodás szempontjából mindegyiknek elsődleges funkciója a víz tározása, beszivárogtatása, tisztítása [1., 5., 6.], ezáltal egyszerre több – az alábbiakban sorolt - problémára nyújt fenntartható, rugalmas megoldást:

- csatornák túlterheltsége, ami kiöntésekhez vezethet
- szennyvíztelepek hidraulikai- és szennyezőanyaggal kapcsolatos túlterheltsége
- a lefolyó csapadékvizek a felszíni befogadók legfőbb diffúz szennyező forrásai
- a városi vízkörforgásba történő beavatkozások növekvő mértéke
- csökkenő talajvízszintek
- csökkenő vízkészletek
- a zöld felületek öntözővíz igényének növekedése

1. Módszer: a tervezés optimalizált ütemezése

A fent sorolt problémák nem rangsorolhatóak, ugyanakkor érthető, ha a városok döntéshozói azokat a legégetőbb problémákat veszik előre, amelyek a hétköznapokban közvetlenül megtapasztalhatók, mint például a csatornák túlterheltsége. A zöld infrastruktúra megvalósítását 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 teljes 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 [5.,6.].

A következőkben javaslatot teszek a zöld infrastruktúra megvalósítására alkalmas terület kiválasztásának sorrendjét segítő szempontokra és ezeket egyben 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 zöld infrastruktúra elemet válasszuk ki (1. ábra).

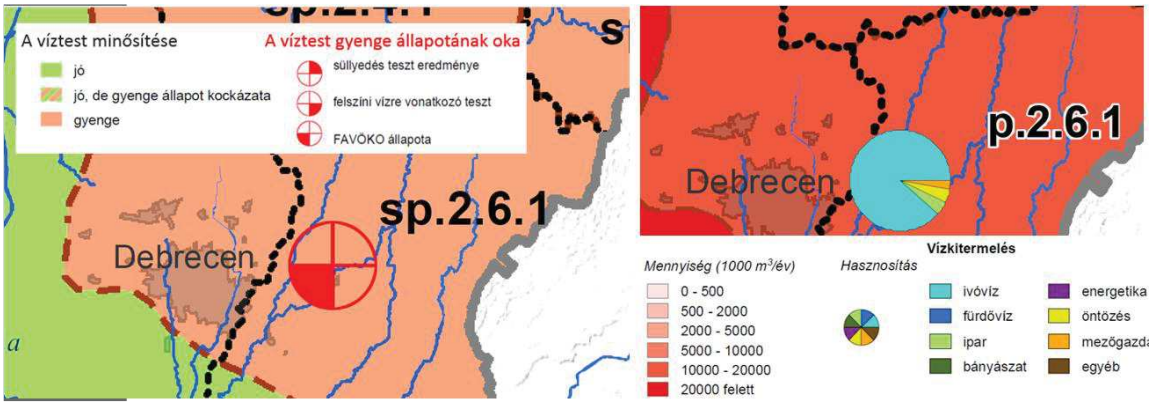
1.ábra. Javasolt döntés előkészítési folyamat

1.1 A zöld infrastruktúra 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 (1.ábra). Csak azt a szempontot ismertetem részletesen, amelyiket Debrecen esetében elsődlegesnek tartok.

1.1.1. Vízbázis védelmi terület – mennyiségi védelem

A vizsgált terület sérülékeny vízbázis védelmi területen helyezkedik el. A vízbázis védelmi 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 OVGT2 adatbázisa szerint a p.2.6.1. sérülékeny, porózus víztestből évente 10-20 millió m^3 vizet termelünk ki, kb. 80 %-ban ivóvízellátás céljára (2.ábra) [2.]. Ebből a debreceni ivóvíztermelés napi 40500 m^3, ami évente 2,14 millió m^3. 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 gyenge, a porózus víztestből Debrecen évente 2,14 millió m^3 vizet termel ki ivóvízellátás céljára [2.].

1.1.2. Vízbázis védelmi terület – minőségi védelem

Ha a vizsgált terület sérülékeny vízbázis védőterületén helyezkedik el, a szennyezés megelőzése kiemelt szempont. Mivel a sérülékeny vízkészletek elszennyeződése a tervezés léptékét tekintve vissza nem fordítható folyamat, a megelőzés az elsődleges környezeti stratégia, amíg ez opció. A vízbázis védelmi 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 vízbázis védelmi területen belül felszínre jutó, nem lebomló szennyezőanyagok elérhetik a felszín alatti vízkészleteinket. Emiatt ezt a szempontot elsődlegesnek kell tekinteni. A Duna vízgyűjtő magyarországi részére elkészült második vízgyűjtő gazdálkodási terv [2.] 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 nevezik meg a diffúz szennyezők egyik legfontosabb forrásaként.

Nitrátérzékeny terület minden üzemelő és távlati ivóvízbázis, ásvány- és gyógyvízhasznosítást 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 [1.,2.]. Haváriák esetén, ugyanezen az útvonalon koncentráltan is elérhetik a visszafordíthatatlan vízminőség romlást 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.

1.1.3. További szempontok

- nitrátérzékeny területek 49/2001. (iv. 3.) korm. rendelet 2. sz. melléklete
- OVGT intézkedések
- a mértékadó talajvízszint
- zöldfelület hiánya
- beépíthetőség felső határa - telkek zöld felülete
- Nagyerdő vízgyűjtője
- rozsdaterületek
- új fejlesztések

1.2 A megfelelő zöld infrastruktúra elem kiválasztásának szempontjai

Miután eldöntöttük, milyen sorrendben vonjuk be a területeket a zöld infrastruktúrával történő ellátásba, minden egyes helyszínen meg kell határozni a leghatékonyabb megvalósítható megoldást. A tanulmányban példaképpen ismertetet londoni tervezet az alábbi sorrendben javasolja a alkalmazni a csapadékvíz elvezetés megoldásait adott helyszínen a lehetőségek és ismert problémák figyelembevételével [4.]:

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 befogadókba
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
- felszíni befogadó közelsége/elérhetősége
- csapadékelvezető rendszer megléte
- zöldfelület elérhetősége (közelsége)

- van-e szabad közterület
- a mértékadó talajvízszint
- esésviszonyok
- zöldfelület megléte
- parkolók

2. Lehetséges forgatókönyvek várható eredménye debrecen példáján

Debrecen esetében a vízbázisvédelem mennyiségi szempontját tartom legfontosabb szempontnak. Számszerűsítem, 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 vízbázis védelmi terület és 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 csapadékösszegei az országos meteorológiai szolgálat adatai alapján 540 mm. (3. ábra, 1. táblázat).

1. FORGATÓKÖNYV: Először az 50 éves elérési időhöz tartozó vízbázis védelmi területen minden tetőfelületről összegyűjtjük beszivárogtatás céljából az esővizet. Ennek mennyisége évente:
   3 967 638 m^2 x 540 mm = 2, 14 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 x 3 967 638 m^2 x 540 mm = 1,07 millió m^3/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 m^2 x 540 mm x 1,25 = 2,68 millió m^3 /év
4. FORGATÓKÖNYV: a 2. forgatókönyv variációja megnövekedett csapadék-mennyiségre:
   0,5 x 3 967 638 m2 x 1,25 x 540 mm = 1,34 millió m^3 /év
5. FORGATÓKÖNYV: Második ütemben a 100 éves elérési időhöz tartozó vízbázis védelmi területről is összegyűjtjük a csapadékvizet beszivárogtatás céljából. Az 50 és 100 éves elérési időhöz tartozó vízbázis védelmi területen minden tetőfelületről összegyűjtjük beszivárogtatás céljából az esővizet. Ennek mennyisége évente:

4 851 613 m^2 x 540 mm = 2,62 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 x 4 851 613 m^2 x 540 mm = 1,31 millió m^3 /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:

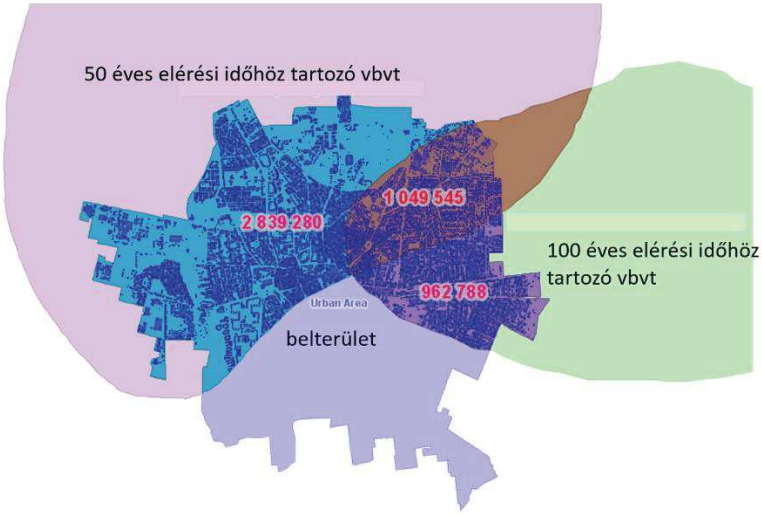
   4 851 613 m^2 x 1,25 x 540 mm = 3,27 millió m^3 /év

8. FORGATÓKÖNYV: Az OMSZ elemzése alapján Debrecenben az éves csapadékösszeg %-os változása 1960 és 2009 között plusz huszonöt százalék. Ezt figyelembe véve az 6.forgatókönyv variációja:

   0,5 x 4 851 613 m^2 x 1,25 x 540 mm = 1,63 millió m^3 /év

9. FORGATÓKÖNYV: Feltételezünk egy olyan forgatókönyvet, melyben - változatlan ivóvízfogyasztást feltételezve - a tisztított szennyvizet is elszikkasztjuk a vízbázis védelmi területeken lévő épületek tetőiről a 6. forgatókönyv szerint beszivárogtatott mennyiségeken kívül. Ekkor már pozitív lehet az éves vízmérleg. kevesebb vizet veszünk ki, mint amennyit visszapótolunk. Az éves vízkivétel mennyisége: 40500 m^3 /nap x 365 nap = 14 782 500 m^3 = 14, 78 millió m^3

   1,31 + 14, 78 = 16,09 millió m^3 /év



3.ábra. Debrecen belterülete, az 50 és a 100 éves elérési időhöz tartozó vízbázis védelmi terület, térinformatikai módszerrel meghatározott összes tetőfelület

FORGATÓ-KÖNYV	RÖVID LEÍRÁS (részletesen a szövegben)	begyűjtött tiszta víz tömege, melyet beszivárogtathatunk [millió m^3 /év]	az éves vízkivétel hány %-a pótlódik /14,78 x100
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

1. táblázat az egyes forgatókönyvekhez tartozó számítás eredményei

3. Összegzés

A fenntartható városi csapadékvízgazdálkodás legjobb gyakorlata a zöld infrastruktúra 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.

4. Javaslatok

4.1. A szempontokra vonatkozó javaslatok

Egyes szempontok vizsgálata adatgyűjtéssel jár. Össze kell gyűjteni a nyilvánosan elérhető adatok alapján vizsgálható szempontokat és a nyilvánosan elérhető adatok alapján nem vizsgálhatókat. A megvalósítás sürgősségét figyelembe véve meg kell kezdeni az adatgyűjtést a nyilvánosan elérhető adatok alapján nem vizsgálható szempontokhoz. Meg kell vizsgálni 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.

4.2 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.

4.3 Projectelőkészítésre vonatkozó javaslatok

Ki kell dolgozni egy visszacsatolásokkal és elágazásokkal ellátott-, általánosan alkalmazható folyamatábrát, amit hatékony segédletként lehet alkalmazni 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 születhetnek, melyek fenntarthatósága előre nem látható és semmiképpen sem garantálható.

Felhasznált irodalom:

1. Buzás Kálmán Települési csapadékvíz-gazdálkodási útmutató - A jó gyakorlat; Készült a „Kvassay Jenő Terv elkészítése és a Vízgyűjtő-gazdálkodási terv felülvizsgálata” című projekt keretében; KEOP-7.9.0/12-2013-0007 ÖKO-UTIBER-AQUAPROFIT Konzorcium
2. Duna-vízgyűjtő magyarországi része VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERV – 2016.
3. European Commission; Synthesis document n°2 Biophysical impacts and effectiveness of Natural Water Retention Measures, and their contribution to policy objectives; 2013.
4. Greater London Authority October 2015 LONDON SUSTAINABLE DRAINAGE ACTION PLAN: Draft for public consultation ; 2015.
5. Hancz, G.: A zöld infrastruktúra alkalmazásának lehetséges szerepe Debrecen fenntartható vízgazdálkodásában; Debr. szle 24 (4), 411-419., 2016.
6. Hancz, G., Bíró, J.: The Potential Role of Urban Green Infrastructure in Sustainable Municipal Water Supply Management in a Hungarian Town. J. Int. Scient. Publ. Ecology Safety 10 409-417., 2016.

IV. fejezet: Csapadékvíz-gazdálkodás katasztrófavédelmi aspektusai szekció

23. Békési István, Sólyom Péter: Települések belvíz-veszélyeztetettségének értékelése a közép-tisza vidékén

Settlements assessment of excess water hazards in the region of Middle Tisza district

Összefoglalás

A belvízi veszélyeztetettség meghatározása különböző területegységekre vonatkozóan folyamatos szakmai és társadalmi igény, amelynek jelentősége vészhelyzetben, kármegelőző intézkedések és fejlesztések során egyaránt fontos.

A települések veszélyhelyzet értékeléshez szükséges adatok azonban ritkán állnak rendelkezésre azonnal és megfelelő pontossággal, begyűjtésük különösen nehézkes védelmi időszakban, és az érékeléshez alkalmazható módszer sem áll rendelkezésre.

A veszélyhelyzet vizsgálatának védelmi időszaki gyors és egyszerű elemzése érdekében a 2010. évi belvízvédekezés során dolgoztuk ki a jelen tanulmányban vázolt módszert. Az eljárást kissé átalakítva kidolgoztuk a települések általános belvíz-veszélyeztetettségi értékelését is.

Abstract

Determining the excess water hazard of different territorial units is a continuous professional and social pretension, its significance is equally substantial during emergency events, damage prevention measures and developments.

However, the sufficient data for the assessment of the settlements' emergency situation are rarely available immediately and with adequate accuracy, their collection is particularly difficult during the defense period and there is no available method for the evaluation.

In order to provide a quick and simple analysis of an emergency situation in the protection period, we had developed present method during the time of excess water protection in 2010.

Slightly modifying the method we have also developed a general assessment of the settlements' excess water hazards.

1. 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 folyamatos extrém csapadékok hatására kerülhetnek komolyabb védelmi szituációba, viszont átfogó belterületi fejlesztés

feltűnő javulást eredményezhet a hatékony vízkár elhárítás 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 adatelelemző munka egyre inkább háttérbe szorul, így az elvárt gyors és pontos értékelés nehéz, alkalmazható módszer nem áll rendelkezésre.

A települések esetében az ár- és belvíz veszélyeztetettségi besorolásokkal a 18/2003. KvVM-BM rendelet foglalkozik. A három minősítő kategória (A,B,C) és a kategorizálás elvei nem belvíz-veszélyeztetettségi alapon történt, így a rendelet előírt rendszeres felülvizsgálata során (elkülönítve a belvizet) javaslatunkat a 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 a 2. sz. melléklete alapján a Megyei Védelmi bizottságok elkészítik a települések katasztrófavédelmi besorolását, amelynek része az ár-és belvízi veszélyeztető hatások értékelése. Az értékeléshez a Vízügyi Igazgatóság részéről a javaslatunkat a mellékelt tanulmány eredményeit felhasználva adjuk meg.

Alkalmazzuk a veszélyeztetettség értékelésére a Dr. Pálfai Imre által az Alföldre készített térképeket is, amely azonban nem a települések minősítésére lett megalkotva.

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 elkészíttettük a belvízvédelmi szakaszokra egyaránt, itt is hasonló értékelést alkalmazva, de számos egyéb körülményt is figyelembe véve.

2. Belvízi veszélyeztetettség értékelési rendszere

2.1. Települések értékelése belvízvédekezési időszakban

A módszer az aktuális szituáció veszély szintjét igyekszik meghatározni.

A vizsgálat abból indul ki, hogy, a veszélyeztetettség mértékét a természeti tényezők (pl: talajvíz helyzet), az emberi hatások (kiépítetett csapadékvíz elvezető rendszerek), védekezéskor a védelmi tevékenység intenzitásán (védelmi fokozat, munkavégzés) keresztül határozza meg.

Az elemzésbe beépítésre került továbbá az Alföldre kidolgozott Dr. Pálfai Imre féle értékelés, mert valamilyen kidolgozott veszélytérképre szükség van akkor is, ha a lépték nagy.

Települési belvíz-veszélyeztetettség értékelése belvízvédekezési időszakban az alábbi jellemzők időbeni alakulásának **pontozásával** történik heti aktualizálással:

1) Területi belvíz-veszélyeztetettség (Dr. Pálfai 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.

4) belterületi vízrendezés kiépítettsége:

67-100 %-os kiépítettségű: 1 pont.

34-66 %-os kiépítettségű: 2 pont.

0-33 %-os kiépítettségű: 3 pont.

5) 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.

6) belterületi elöntés mértéke:

Nincs: 0 pont.

Ingatlanokat nem veszélyeztető, nem jelentős elöntés: 1 pont.

Ingatlanokat veszélyeztető, nem jelentős elöntés: 2 pont.

Lakó ingatlant érintő, jelentős elöntés: 3 pont.

7) Talajvíz helyzete:

Talajvíz szint terep alatt legalább 1,50 m található: 0 pont.

Talajvíz szint terep alatt 1,00-1,50 m található: 1 pont.

Talajvíz szint terep alatt 0,50-1,00 található: 2 pont.

Talajvíz szint 0- 0,50 található: 3 pont.

8) 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.

9) Belterületi belvíz elvezetés érdekében végzett munkák:

Nincs munkavégzés: 0 pont.

Áteresz, csatorna tisztítás: 1 pont.

Szivattyúzási munkák: 2 pont.

Szivattyúzási és áteresz, csatorna tisztítás munkák: 3 pont.

Értékelés:

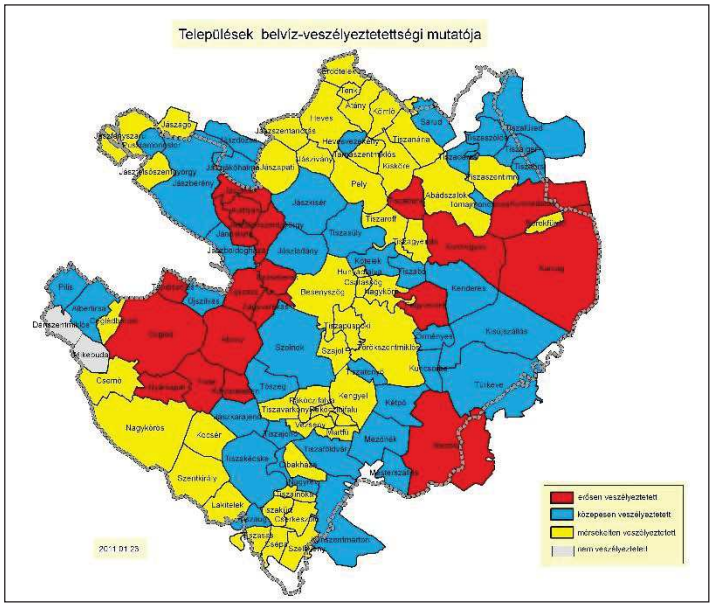
A pontszámok összesítését követően az értékelés az alkalmazott négyfokozatú szinteket megtartva:

Erősen veszélyeztetett: 16-27 pont,

Közepesen veszélyeztetett: 11-15 pont,

Mérsékelten veszélyeztetett: 6-10 pont,

Nem veszélyeztetett: 0-5 pont.



Megjegyzés: A szemléltetés érdekében települések közigazgatási határai láthatóak, de az értékelés a településekre vonatkozik.

A kapott eredményeket megvizsgálva megállapítottuk, hogy a területi tapasztalatainknak megfelelő pontosabb képet kaptunk a veszélyeztetettségről az adott védekezési helyzetben (2010-11).

A 2010-11. évi extrém csapadékok területi eloszlása miatt voltak olyan települések, amelyek - természeti adottságaik miatt - alapvetően kevésbé veszélyeztetettek, de a kialakult helyzetben a „piros zónába" kerültek (Nyársapát, Törtel, Cegléd, Tápiószőlős).

2.2. Települések általános értékelése

A 2.1. eljárás „időben állandó" elemeit megtartva az általános értékelés (alapállapot) meghatározása történt. Az értékelő táblázatból a védelmi szituációhoz köthető értékelési elemeket kivéve, pusztán veszélyeztetettségi pontozás átalakítását hajtottuk végre. Az itt figyelembe vett állandó jellemzők:

- területi belvíz-veszélyeztetettség (Dr. Pálfai féle veszélyeztetettségi kategóriák),
- belterületi vízrendezés kiépítettsége,
- befogadók állapota,
- belterületi elöntés megjelenése az elmúl védekezési időszakban,
- fakadóvíz, szivárgóvíz veszélyeztetettség.

A pontozás a fenti elemekre a 2.1. pont szerint történik, az aktuális belterületi vízborítás helyett az elmúlt védekezés időszakban észlelt belterületi elöntést szükséges figyelembe venni.

Értékelés:

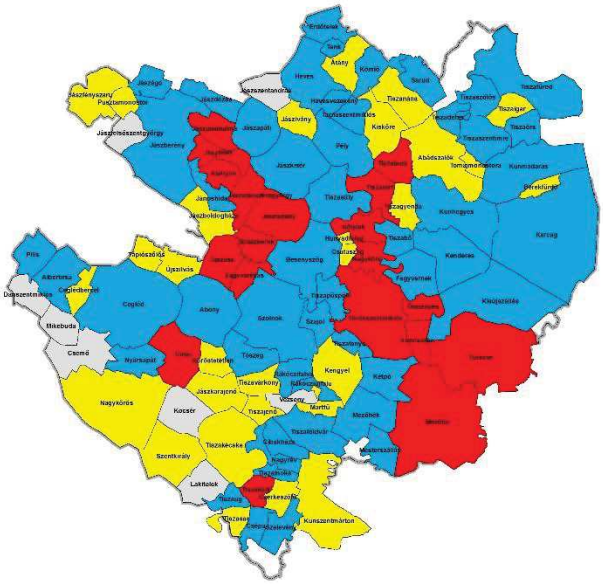
Erősen veszélyeztetett: > 8 pont,

Közepesen veszélyeztetett: 6 - 7 pont,

Mérsékelten veszélyeztetett: 4 - 5 pont,

Nem veszélyeztetett: < 4 pont.

Az értékelés évente, az őszi felülvizsgálatokat követően történik.



2016. november

3. Összefoglalás, értékelés

1) A veszélyeztetettség a területi adottságoknak, emberi és környezeti tényezőknek, védekezési tapasztalatoknak megfelelő képet mutat az egyes eljárások tekintetébe.

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 felhasználhatóak majd az elemzés pontosítására. De új szempontok figyelembe vétele, vagy a régiek finomítása is fejlesztheti azt:

- Részletesebb elöntési térképek elemzése.
- Az elvezető rendszerek hatásának pontosabb figyelembe vétele.
- 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, amely vízügyi mintára készül, de érinti az élet- és vagyonvédelmi szempontokat egyaránt.

Felhasznált saját publikáció:

1. Települések és belvízvédelmi szakaszok belvíz-veszélyeztetettségének értékelése a Közép-Tisza vidékén. Lovas Attila, Békési István, Sólyom Péter. MHT dolgozat.

24. Jackovics Péter*:* **kárelhárítási, veszélyhelyzet-kezelési és helyreállítási feladatok a katasztrófavédelem polgári védelmi szakterülete elmúlt öt éves tevékenységének tükrében.**

Five Year Experience in Civil Protection Operation, according to the Emergency Response and Reconstruction Phases in the Hungarian Disaster Management System

Absztrakt

2010-ben két nagy erejű katasztrófa sújtotta Magyarországot. A történelmi mértékű borsodi árvíz során a természet mutatta meg erejét, míg a vörösiszap-katasztrófa a civilizációs fejlődés legsötétebb oldalát mutatta fel. Egyértelművé vált, hogy a globalizáció és a klímaváltozás okán fokozódó veszélyeztetettség fokozott felkészültséget is igényel. A 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról fektette le egy új, a megelőzésre még inkább hangsúlyt fektető rendszernek alapjait fektette le, amelyben a megelőzés kockázatbecslési, tervezési és hatósági tevékenység során történik. „A modern társadalmak fokozott erőfeszítést tesznek annak érdekében, hogy úrrá legyenek a természeti és civilizációs veszélyeken, azonban ezt az erőfeszítést nem mindig koronázza siker.”1 Ezért a katasztrófák elleni védekezés második lépcsője a kárelhárítás, a veszélyhelyzet-kezelés. A 2012. január 1-jével hatályba lépett, új törvény nevesíti először az önkéntes mentőszervezeteket, azokat a különleges kiképzésű személyi állománnyal rendelkező, speciális technikai eszközökkel felszerelt, nagy helyismerettel rendelkező, gyors reagálású, katasztrófák és veszélyhelyzetek hatásainak kivédésére, felszámolására, önkéntesen létrehozott civil szerveződéseket, amelyek rendszerét az elmúlt 5 évben kiépítettük, s amelyek azóta többszáz esetben segítették a hivatásos katasztrófavédelmi szervek munkáját. A katasztrófák elleni védekezés harmadik lépésének pedig a helyreállítási tevékenység minősül, amely a megelőzéssel egyetemben az önvédelmi képesség erősítését igényli, ám szükség esetén, a vis maior tartalék terhére végezhető.

Kulcsszavak: megelőzés, veszélyhelyzet-kezelés, önkéntes mentőszervezetek, vis maior

Abstract

In 2010, two major disasters happened in Hungary. During the historic flood in Borsod-Abauj-Zemplen County nature has shown its strength, while the red mud disaster showed the darkest side of civilization development. It has become clear, that the increasing vulnerability – caused largely by globalization and climate change – also requires increased preparedness. In 2011 we have created a new disaster management law, which laid down the foundations of a new,

prevention based system. In this system prevention based on risk assessment, planning and authority activities. However the modern societies are doing their best to avoid disasters, there are always some chance, which those will happen. Therefore, the second step of disaster management is emergency management. The new law specifies for the first time in Hungary the exact term: volunteer rescue team. Since the law entered into force, in the past five years, 1300 rescue team established in Hungary with 20.000 volunteering citizens in Non-Governmental Organization. They help the professionals work, have local knowledge and special skills and they react quickly. The third step of disaster management is reconstruction, where is a great need strengthening citizens' self-defense capabilities, but if necessary, there is always a helping hand.

Keywords: Reconstruction Phase, Emergency Response Phase, Non-Governmental Organizations, Vis maior

Bevezetés

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 tényezőn 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 100.000 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 jobbító 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, amely széleskörű társadalmi összefogást igényel, s hogy a „*nem kellő hozzáállás eredményeként a védekezésben sem vett részt mindenki, a megoldást kívülállóként szemlélve másoktól várták*." 2

A nyári árvízből, az egész országot érintő, pontosabban igénybe vevő helyreállítási tevékenységből még csak fel sem ocsúdhattunk, amikor 2010 októberében egy világszerte ismeretlen civilizációs katasztrófa következett be hazánkban, a vörösiszap-kiömlés. A

vörösiszap katasztrófa egy magántulajdonú vállalt területéről indult ki, a gátszakadás következtében Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely településekre 1 644 797 m^3 vörösiszap és lúgos víz elegye ömlött, 10 ember életét vesztette, százak sérültek meg és váltak otthontalanná, és döbbenetes pusztítást okozott. 3

A fennálló rendszer javítása és fejlesztése érdekében szükségessé vált egy új koncepció kialakítása, amely egységes szemlélettel szabályozza a természeti és civilizációs katasztrófákat, amely a 2012. január 1-jével hatályba lépett, a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló CXXVIII. törvényben (a továbbiakban: a 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, lehető leggyorsabb 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, a katasztrófavédelemi 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 un. INSARAG (Városi Kutató és Mentő Tanácsadó Csoport) irányelvei a városi kutató-mentés (földrengések, épületkárok, robbanások) következményeinek elhárításához használnak nemzetközi útmutatóul, addig az elemi csapásoknál, természeti katasztrófáknál – így az extrém viharos időjárás, a hirtelen lezúduló nagy mértékű csapadékvíz – a felkészültség teljes más irányú kell, hogy legyen. Bizonyos

természeti katasztrófák a meteorológiai előrejelzések 48 órás időtávon kívüli esetlegessége nem jelezhetők előre. További bizonytalansági tényező a globális időjárás változás, mely sok esetben felülírja a sokéves statisztikai adatokon alapuló időjárási trendeket. Jelen tendenciák megfigyelése, a bekövetkezett meteorológiai események alapján feltételezhető, hogy tendenciózus jelleggel a jövőben szükséges felkészülni télen az extrém hideg (jeges árvíz, villamoshálózat, a hidegnek kitett műszaki berendezések meghibásodása, szabadtéri tűzesetek számának növekedése a száraz téli időszak miatt) a hőség, az extrém csapadék és szél (műszaki mentések számának növekedése) okozta káresemények bekövetkezésére. Tény, hogy kizárólag a sokéves átlagokra, az elmúlt évek tapasztalataira alapozni 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 műveleti terveket készítenek. A műveleti tervekben maghatározott feladatok, előrejelzések az elmúlt évek tapasztalatai alapján az adott kirendeltség területére jellemző specifikumok, földrajzi sajátosságok figyelembe vételével kerültek meghatározásra. Számba veszik az adott időszakok feladatait, a bekövetkezett polgári veszélyhelyzetekre való felkészülést, a szervezési, szabályozási, technikai, készletbeli háttér biztosítását készítik elő. A tárgyi időszakra készített prognózis, valamint tervek alapján tervszerűen sikerül végrehajtani a felkészülést. A rendkívüli időjárási helyzetek pedig a felkészülési tevékenységnek köszönhetően rövid időn belül, megfelelő szinten kezelhetőek. Az extrém időjárási 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. 4

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 reagáló képességű, nagy helyismerettel rendelkező, speciális ismeretekkel is bíró szervezeteket hozzunk létre, amelyek bizonyos katasztrófák vagy speciális események során a hivatásos katasztrófavédelmi szerveket támogatóan képesek beavatkozni. Ezek a szervezetek az önkéntesen jelentkező állampolgárokból szerveződő, civil, önvédő képességre képes és azt társadalmi szinten is kiépítő 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.” 5

Az építkezés 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, hivatásos, valamint önkéntes állományból egyaránt álló nehéz kutató-mentő mentőszervezet, amelynek tagjai különleges mentési képességekkel bírnak, számos nagy volumenű európai gyakorlaton, és éles bevetésen vettek részt, többek között nemzetközi segítségnyújtás során 2014-ben, Szerbiában.

53. ábra: Szerbia Obrenovac települése a 2014-es árvíz idején. Fotó: HUNOR Mentőszervezet

54. ábra: Szerbia Obrenovac települése a 2014-es árvíz idején a HUNOR Mentőszervezet mentés közben. Fotó: HUNOR Mentőszervezet

55. ábra: Életmentő bevetésen a HUNOR Mentőszervezet, Szerbia. Fotó: HUNOR Mentőszervezet

A 210 fős HUNOR Mentőszervezet a világon legmagasabb szintűnek számító, az ENSZ által létrehozott, un. „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 bevethetőek. 6

56. ábra: A HUNOR Mentőszervezet a londoni Waterloo metróállomás megépített másában gyakorolja a robbanás utáni mentést Fotó: BM OKF

A központi szervezeteket követően Magyarország megyéi 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 7, amely garantálja, hogy a katasztrófák elleni védekezésben, a mentésben csak olyan szervezetek vesznek részt, amelyek kellő felkészültséggel bírnak, megfeleltek a feléjük támasztott alapvető szakmai követelményeknek, és együttműködnek a hivatásos katasztrófavédelmi szervekkel. A mentőszervezetek árvízi és vízi mentési képességek szakterületre, alapvető vízkár elhárítási tevékenységre, vezetés-irányítás és logisztikai képesség, mentőkutyás szakterületre, búvár, kötéltechnikai mentő tevékenységre, városi kutató és mentő (USAR), műszaki mentő képességekre szerezhettek minősítést. A mentőszervezetek a helyi, valós veszélyeztetettségek figyelembe vételével minősíttették magukat a rendszerben. A minősítést 5 évente szükséges megújítani, azaz jelenleg is zajlanak a hazai mentőszervezetek újraminősítő gyakorlatai.

Az ország járási rendszere kialakítását követően a mentőcsoportok rendszerének felépítése is követte a 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 vízkár-elhárítási tevékenységre minősített önkéntes mentőcsoportok alakultak meg. A kezdeti, rendkívül alacsony számokhoz képest mára 1300 önkéntes mentőszervezetben 20.000 főnél is több önkéntes állampolgár tevékenykedik.

57. ábra: Minősítés mentőkutyás tevékenységre. Fotó: Móricz Csaba fotóriporter

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 8 avatkoztak be ezek a szervezetek, úgy árvíz, a Balaton áradása, viharkárok elhárítása, mint kutató-mentés, búvár tevékenység, alpintechnikai 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 találhatóak, 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 résztvevők egyéni képességei mellett speciális eszközökre, felszerelésre is szükség van ahhoz, hogy tevékenységüket eredményes 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.

58. ábra: Alpintechnikai mentés. Fotó: Móricz Csaba fotóriporter

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 növelik lehetőségeiket a mentési tevékenységre, ezzel pedig a magyar állampolgárok biztonságát is. 9

59. ábra: Önkéntes mentőszervezet nemzeti minősítő gyakorlata. Fotó: Móricz Csaba fotóriporter

Létrejöttük abból a szempontból is kiemelten fontos, hogy az adott helyszínen élők képesek a leggyorsabban reagálni a veszélyre, és kiemelt helyismerettel rendelkeznek. A kárelhárítás eredményessége pedig a veszélyeztetett településeken a minél gyorsabb reagálással, 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, 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, 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, mentesítés, 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 nagy mértékben 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 10. A Kormány önként vállalt kötelezettség vállalás keretében dönthet úgy, hogy költségvetési támogatást nyújt a kialakult károk enyhítéséhez, 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 (biztosítottság, az épületek és a lakókörnyezetének folyamatos karbantartása), tehát az öngondoskodás különböző formájának minél szélesebb körű alkalmazása jelenthet 11, mint ahogy az önvédelmi képesség kialakítása a veszélyhelyzet-kezelés bármely fázisában kiemelt fontossággal bír.

A szerző tűzoltó ezredes, a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Országos Polgári Védelmi Főfelügyelőség Veszélyhelyzet-kezelési Főosztály főosztályvezetője, a HUNOR Mentőszervezet parancsnoka.

Hivatkozás:

1. Pavlovic, M.: Klímaadaptációs és Kockázatértékelési Kézikönyv a Duna makrorégióra, 7. p., Szerk.
2. Lipták A. – Tóth D.: Történelmi kihívások történelmi tapasztalatok 2010. a vizek kártételének éve Borsod-Abaúj-Zemplénben, Polgári Védelmi Szemle 2011. 67-88. p.
3. Dr. Hoffmann I. – Mukics D.: A vörösiszap katasztrófát követő helyreállítás. Polgári Védelmi Szemle, 2011, 37-51. p.
4. BM OKF: A katasztrófavédelem éves országos veszélyhelyzeti prognózisának éves országos beválás-vizsgálata, 2017. szeptember. Készítette: BM OKF Veszélyhelyzet-kezelési Főosztály
5. 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról
6. Jackovics P. - Herbák D.: Magyarország mentőszervezete: a HUNOR. VÉDELEM TUDOMÁNY: KATASZTRÓFAVÉDELMI ONLINE TUDOMÁNYOS FOLYÓIRAT 2:(1) pp. 245-262. http://www.vedelemtudomany.hu/articles/18-jackovics-herbak.pdf (2017. október 3.)
7. 6/2013. (X. 31.) BM OKF utasítás a Nemzeti Minősítési Rendszer alapkövetelményeiről
8. A BM OKF Napi jelentései alapján összeállított hivatalos statisztikák.
9. Jackovics P. és Herbák D. (2016) *Erős vár - sikeresek az önkéntes mentőszervezetek.* VÉDELEM KATASZTRÓFAVÉDELMI SZEMLE, 2016 (3). pp. 23-25. ISSN 2064-1559
10. 9/2011. (II. 15.) Korm. rendelet a vis maior támogatás felhasználásának részletes szabályairól
11. A katasztrófavédelem központi honlapja: http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=helyreallitas_feladatrendszer (2017. október 3.).

25. Hábermayer Tamás: Katasztrófavédelmi önkéntesek szervezése a települések ár- és belvíz elleni védekezéséhez

Organising disaster management volunteers for settlement level flood and inland water defense

Absztrakt

Az ár- és belvizek elleni védekezés feladatainak megvalósítását számos önkéntes segítheti. Jelenleg ők elsősorban a tömegmunkát végzik, ugyanakkor az önkéntesek kategóriáinak megismerése, majd feladataik kategóriánkénti tudatos szervezése jelentős mértékben megnövelheti a hatékonyságot. Magyarország nemzeti katasztrófakockázat-értékelése alapján a Duna és Tisza áradása más katasztrófatípusokhoz képest domináns szerepet tölt be, a mindennapok során számos alkalommal találkozhatunk extrém csapadékmennyiséggel, az ár- és belvízi kockázatok növekedésével, a villámárvizek és városi árvizek fokozott megjelenésével. A következmények káros hatásainak elhárítása magas fokú szakmaiságot és szervezettséget igényel a védekezés résztvevőitől. Kulcsfontosságúvá vált a polgármester, a közbiztonsági referens és a katasztrófavédelmi megbízott, valamint a vízügyi szakemberek közös munkája. Felmérik a települések ár- és belvíz veszélyeztetettségét, kijelölik a kockázati helyszíneket, majd a veszélyeztetettséghez mérten megfelelő erő- eszközöket rendelnek a védekezéshez. Részükről a megelőzés és felkészülés részét kell, hogy képezze a kitelepítések, kimenekítések tervezése, a polgári védelmi szervezetek felkészítése, valamint a katasztrófavédelmi önkéntesek bevonhatóságának vizsgálata. A feladataik viszont változnak, kiegészülnek, bonyolódnak. A települések elvárosiasodását, elöregedését, generációs összetételét, a regionálisan és időszakosan változó lakosság jelenségét szakmai szemmel vizsgálni kell. Ha szükséges, a településre távolról érkező megerősítő erőt kell tervezni. A települések helyi sajátosságainak figyelembe vételével meg kell találni az erők, eszközök védekezésbe vonásának legoptimálisabb lehetőségét. A kategóriáknak megfelelően ki kell alakítani, majd fenn kell tartani az önkéntesek megfelelő motiváltságát, növelni a hatékonyságot.

Kulcsszavak: ár- és belvíz; önkéntes, önkéntes kategóriák, tervezés, katasztrófavédelem

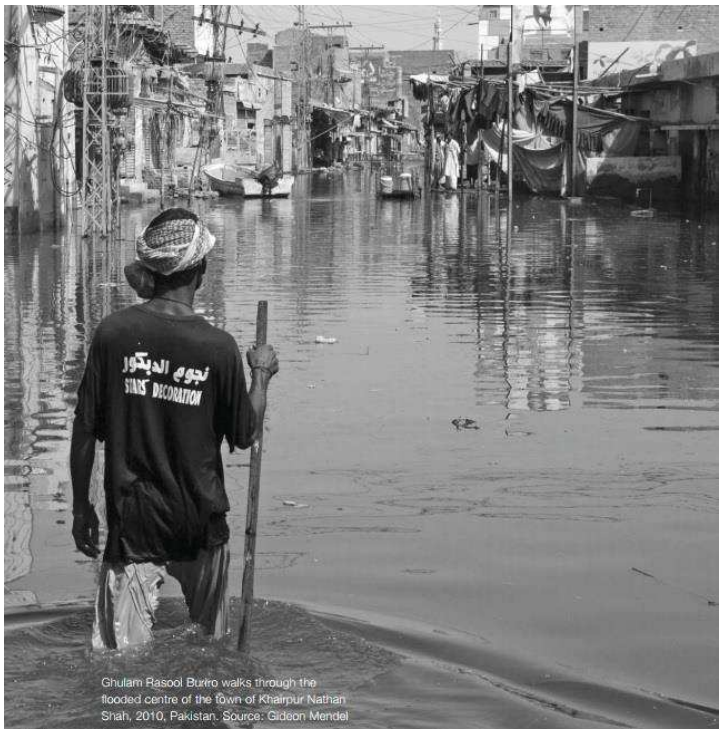
Abstract

During flood and inland waters, a lot of volunteers help to solve the protection tasks. Recently, they are doing the mass of the protection works. The knowing and the professional using of the disaster management volunteer categories can significantly increase their efficiency. According to the national risk assessment of Hungary, a flood in river Danube or Tisza dominating correlate than other type of disasters. Day to day, we can easily find extreme rainfalls, increased flood and inland water risks, flash and urban floods. To prevent the damaging consequences, it requires high level skills and exceptional organisation from the defenders. The mayor, the public safety rapporteur, the disaster management commissioner and the water engineers or technicians has a key role in this task. They survey the water risks of the settlements, points out the critical locations, and ordering manpower and equipments for the defense. As a part of the prevention and preparation, they planning the evacuation and the preparation of the civil protection organisations, as well as gathering and inspecting the use of volunteers for the defense. These types of tasks are constantly changing and become more and more difficult. The urbanisation of the settlements, aging of the population, combination of generations, and the effect of regionally and periodically changing citizens must be inspected by professionals. If it is necessary, outer reserve forces must be planned for the settlement. The settlements must find the most optimal use of forces for defense and take the local possibilities into consideration. It is a must to form and keep the motivation of the categories of volunteers and increase the effectiveness of the defense.

Keywords: flood and inland waters, volunteer, volunteer categories, planning, disaster management

Bevezetés

Magyarországon minden évben jelentős gondokat okoznak a vizek kártételei, amelyet alátámaszt az ország nemzeti katasztrófakockázat- értékelésének eredménye is. [1] Az év minden időszakában előfordulhatnak jelentős ár- és belvizek, amelyek ellen az emberi élet, anyagi javak megóvása érdekében védekezni szükséges. A közigazgatási határoktól függetlenül akár országos, regionális, területi, helyi vagy települési szintű védekezések történnek, melyek minden esetben jelentős erő és eszközállomány mozgósítását igénylik. Ezen védekezések közül talán egyik legnehezebb a települési szintű védekezések megvalósítása. Könnyen előfordulhat, hogy egy rendkívüli időjárási helyzet hatására extrém csapadékmennyiség hullik le, amelyet 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 katasztrofális következményekkel járhatnak, a legrosszabb forgatókönyvek egyikében tömeges migrációt is elindíthatnak. [2]



1. kép. Ghulam Rasool Buriro Khaipur Nathan Shah városának elöntött központjában sétál. [3: 18]

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.

2. kép. Özönvíz áztatta Budapestet [4]

3. kép. A rendkívüli csapadékmennyiség hatása Bátaapátiban [5]

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, mintha hétvégén, vagy késő délutáni, esti időszakban történik a védekezés. A településeknek a helyi sajátosságok figyelembe vételével már a megelőzés időszakában hatékonyan meg kell, hogy szervezzék a saját védelmüket. Ki kell, hogy alakítsák a település önvédelmi képességét, a veszélyeztetés mértékének megfelelő mennyiségű és minőségű védelmi erőt a sikerhez. A katasztrófavédelmi

törvény alapján a feladat felelőse a polgármester, akinek a közbiztonsági referens, a vízügyi, valamint a katasztrófavédelmi szakemberek tudnak hatékony segítséget nyújtani. [6:83]

A települések ár- és belvíz veszélyeztetettsége

A települések vízkár elleni védekezési feladatai a közelmúltban számos jogszabályi változáson mentek keresztül. [7] A katasztrófavédelmi törvény [8] megadja az alapokat, a végrehajtását szabályozó kormányrendelet [9] 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 szervének 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 veszély-elhárítási tervet készít, melyhez az elemezni szükséges veszélyeztető hatásokat a végrehajtási rendelet 2. számú melléklete tartalmazza. Itt az elemi csapások, természeti eredetű veszélyek között szerepel az árvíz, belvíz, 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 végrehajtatása 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 referens-helyettes kijelölése is megtörténik. A referens és referens- helyettes 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 referens-helyettes 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 védekezéshez rendelése

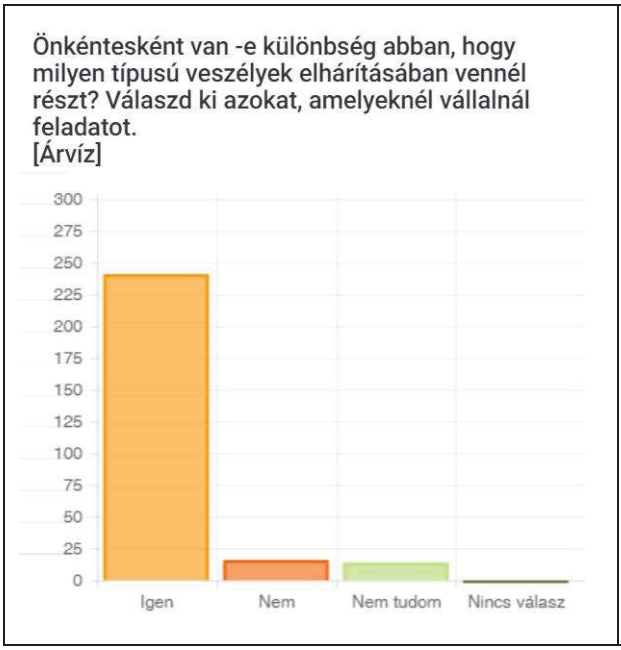
A vizek kártételei elleni sikeres védekezés alapjait tehát a polgármester, a közbiztonsági referens vagy helyettes, a katasztrófavédelmi megbízott és a vízügyi szakember együttműködése teremti meg. Számos jogszabály rögzíti a szereplők megelőzés időszakában végrehajtandó feladatrendszerét (pl. a védekezéshez köteles vagy önkéntes polgári védelmi szervezetek megalakítása, veszély-elhárítási tervezés, vízkár-elhárítási 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 figyelembe

vételével elemzi az önkéntesek kategóriáit, figyelembe veszi a generációkat és azok motivációját [10], és ahol lehet, ott előre felkészíti őket a védekezési feladatok ellátására. A védekezések szervezésénél fontos, hogy tisztában legyünk a települési létszámmal, amely azonban nem azonos a védekezésekhez igénybe vehető erők létszámával, hiszen az akár a napszakoknak vagy évszakoknak megfelelően változhat [11].

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

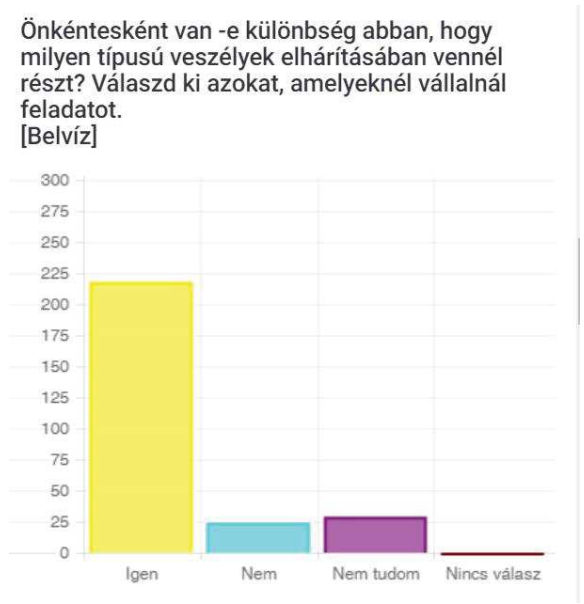
Az önkéntesek motivációját kutatva kérdőív segítségével megvizsgáltam a hajlandóságot az ár- és belvíz elleni védekezési feladatokban történő részvételre. A 2017.01.27-től 2017.09.27-ig terjedő időszak alatt az önkéntesek válaszai alapján a kérdőívem tapasztalatai a következőek:



A lefolytatott vizsgálat során 271 személy töltötte ki a kérdőívet. Az árvíz elleni védekezésben való hajlandóság vizsgálata 241 igen, 16 nem, 14 nem tudom válasszal zárult.

1. ábra A katasztrófavédelmi önkéntesek részvétele árvíz elleni védekezések során (Készítette a szerző, 2017.)

A kérdést tovább vizsgálva a belvíz elleni védekezésben való részvétel is hasonló hajlandósági eredményt produkált:



A lefolytatott vizsgálat során 271 személy töltötte ki a kérdőívet. A belvíz elleni védekezésben való hajlandóság vizsgálata 218 igen, 29 nem, 24 nem tudom válasszal zárult.

2. ábra A katasztrófavédelmi önkéntesek részvétele belvíz elleni védekezések során (Készítette a szerző, 2017.)

Mindkét esetben az önkéntesek döntő hányada vállalja a közreműködést. Összehasonlításképpen megvizsgáltam az önkéntes részvételi hajlandóságot humán járvány vagy járványveszély, állatjárvány esetében:

A lefolytatott vizsgálat során 271 személy töltötte ki a kérdőívet. A védekezésben való hajlandóság vizsgálata 119 igen, 83 nem, 69 nem tudom válasszal zárult.

3. ábra A katasztrófavédelmi önkéntesek részvétele járványveszély során (Készítette a szerző, 2017.)

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 veszélyeztetettségnél már csak fele az önkéntes létszám, így 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 településnek a segítségnyújtásra. Esetükben a jelentkezők számát jelentős mértékben befolyásolhatja a katasztrófák típusa és kiterjedése. Nehezen tervezhetőek, a tömeges igénybe vételük, riasztásuk a helyi média útján célszerű. Az előre tervezett, begyakorolt formában történő megszólítás a leghatékonyabb. A védekezésbe vonásukhoz az alábbi feladatok elvégzése javasolt:

Állampolgárok (önkéntesen segítséget nyújtó személyek)	
1.	A település lélekszámához viszonyítva, a korábbi tapasztalatok (ha vannak) figyelembe vételével 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 (pl. évszakok miatti változások; délelőtti időszak vagy éjszaka igénybe vehető létszám).
3.	A becsült adatok alapján el kell különíteni a különböző generációkat, és az életkori sajátosságoknak megfelelő feladatokra kell tervezni őket. (Pl. 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, mintha tömegmunkát végeznének (akár előre tervezetten). A szakemberek a szakmai munka támogatására

	legyenek tervezve, míg a vezetők az önkéntesek összefogását, a kialakított csoportok irányítását végezzék.
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 szervezetten 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 igénybe vételével kell a megoldást megkeresni.
7.	Amennyiben a település lélekszámából adódóan többlet létszám jelentkezik, akkor azt vagy saját létszámban tartalékként kell kezelni, vagy más települések részére előre tervezhető segítségnyújtásként kell kezelni.

1. táblázat. Állampolgárok (önkéntesen segítséget nyújtó személyek) vizsgálata (Készítette a szerző, 2017.)

Polgári védelmi szervezetek

A polgári védelmi feladatokat ellátó szervezetek múltját tekintve egészen 1917-ig tekinthetünk vissza. A megalakulás óta légoltalmi feladatrendszerük szinte teljesen megváltozott, kibővült, most elsősorban a természeti katasztrófák veszélyeinek elhárításában határozható meg. [12:93-94] Jelenleg a 62/2011. (XII.29.) BM rendelet határozza meg a települések számára, hogy a veszélyeztetettségnek megfelelően polgári védelmi szervezeteket alakítsanak meg. [13] Egy I.-es vagy II.-es kategóriába sorolt, 10.000 – 50.000 lakosú település esetében ez legalább 300 fős szervezetet jelent. Ezen 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 önkénteseként 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 elegendőek a védekezési feladatok

ellátásához, és az emberi élet, anyagi javak mentése érdekében indokolt a köteles szolgálat elrendelése.

Önkéntes civil szervezet

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:

Jellemzők	Példa
Kialakult vezetőség, meglévő vezetők és szerepek	Egyesületi forma – szabályozott viszonyok
Az önkéntesen segítséget nyújtókhoz 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

2. táblázat. Civil szervezetek jellemzői (Készítette a szerző, 2017.)

A fenti jellemzők figyelembe vételével 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 megtalálhatóak. Létszámuk változó, az egyfős vállalkozástól indulva akár a többezer főt foglalkoztató cég is jelen lehet. A vizek kártételei elleni védekezésbe leginkább három fő szempont szerint kapcsolhatóak be. Az első a legjellemzőbb, amikor lehetővé teszik szervezett formában önkéntes vagy kijelölt dolgozóik részvételét a védekezéshez. 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 (pl. buszos szállítás). A harmadik, amikor adományként valamilyen formájú önkéntes felajánlást tesznek (pl. védőeszközök, étkeztetés megszervezése és biztosítása). A hatékonyság szempontjából itt is 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.

Jellemzők	Példa
Kialakult vezetőség, meglévő vezetők és szerepek	Pl. 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 tudnak biztosítani.

1. táblázat. Gazdasági szervezetek jellemzői (Készítette a szerző, 2017.)

Nemzetközi önkéntesek részvétele

Települési szintű védekezések esetében egyáltalán nem jellemző a nemzetközi önkéntesek igénybe vétele. Előfordulhat a „spontán” nemzetközi segítségnyújtás (pl. 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. [14] Települési szinten egyáltalán nem javasolt nemzetközi önkéntesekre tervezni. Ez alól egyetlen kivétel lehet, a határmenti települések esete. Itt előfordulhat, hogy egy-egy védekezés megvalósítása (pl. tömeges kimenekítés) miatt sor kerülhet a nemzetközi erők igénybe vételére. 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. Máshogyan 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 lapátolási feladatokat ellátni. A gazdálkodó szervezetek erő – és eszköz lehetőségeit, kapacitását pedig a lehető leghatékonyabban kell kihasználni. Szét kell osztani, hogy a településen jelen levő szervezetek közül melyik szervezet mit biztosítson. Ezzel elkerülhető, hogy amíg nagy létszámban lesznek homok szállítására alkalmas teherautók, addig a személyek szállítására alkalmas jármű viszont majd nem áll rendelkezésre.

Következtetések

Az időjárási extremitások hatásait országos és világszinten is naponta tapasztalhatjuk. A média segít közelebbről is megismerni a bekövetkezett eseményeket, láthatjuk az elszabadult hihetetlen természeti erőket. A tapasztaltak alapján kijelenthető, hogy a meglévő védelmi rendszereinket folyamatosan vizsgálnunk kell. Fel kell ismernünk, hogy azok mennyire képesek megfelelni a megváltozó 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. Maximálisan ki kell használni a védekezést irányító szervek, személyek közötti szakmai együttműködési lehetőségeket a település lakói biztonságának szavatolásához.

Hivatkozások

1. BELÜGYMINISZTÉRIUM: *Jelentés Magyarország Nemzeti Katasztrófakockázat-értékelési módszertanáról, és annak eredményeiről.* 2014. 07. 14. http://www.kormany.hu/hu/dok?source=1&type=410&year=2014#!DocumentBrowse (A letöltés ideje: 2017.09.21.)
2. BENDE ZS., MUHORAY Á.: A környezeti migráció, mint komplex kihívás. *Hadtudomány,* 24 3–4 (2014), 106–115. http://mhtt.eu/hadtudomany/2014/1_2/2014_1_2_9.pdf (A letöltés ideje: 2017.09.21.)
3. MENDEL, G.: Ghulam Rasool Buriro 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.* 38. Washington, D.C.: The World Bank, 2012. http://futuredirections.org.au/wp-content/uploads/2012/02/Full_Report_3518.pdf (A letöltés ideje: 2017.09.26.)
4. *Elképesztő, világvégére emlékeztető állapotok az özönvíz sújtotta Budapesten* http://avilagtitkai.com/articles/view/elkepeszto-vilagvegere-emlekezteto-allapotok-az-ozonviz-aztatta-budapesten (A letöltés ideje: 2017.09.26.)
5. Lakókat kellett kitelepíteni az özönvíz miatt Tolnában http://kadarka.net/cikkek-at/tolna-megye-vihar-katasztrofavedelem (A letöltés ideje: 2017.09.26.)
6. MUHORAY Á.: Katasztrófamegelőzés I., NKE Szolgáltató Nonprofit Kft. 2016, ISBN 978-615-5527-85-2 https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10287/ebook_XL_KVI_Katasztrofamegelozes_I.pdf?sequence=1&isAllowed=y (A letöltés ideje: 2017.09.26)
7. BÁRDOS Z., MUHORAY Á.:A települések vízkár elleni védekezési feladatainak változása a megváltozott jogszabályi környezetben, *Hadmérnök* IX (3) pp. 48-60. http://www.hadmernok.hu/143_05_bardosz_ma.pdf (A letöltés ideje: 2017.09.27.)
8. *2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról. http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=139408.323133* (A letöltés ideje: 2017.09.27.)
9. *234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról. http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=140039.291215* (A letöltés ideje: 2017.09.27.)

10. *Lehet-e egységesen motiválni a különböző generációs munkaerőt*. www.hrportal.hu/hr/lehet-e-egysegesen-motivalni-a-kulonbozo-generacios-munkaerot-20140130.html (A letöltés ideje: 2017.09.27.)
11. *SMITH*, A., NEWING, A., QUINN, N., MARTIN, D., COCKINGS, S., NEAL, J.: Assessing the impact of seasonal population fluctuation on regional flood risk management. *ISPRS International Journal of Geo-Information,* 4 3 (2015), 1118–1141. www.mdpi.com/2220-9964/4/3/1118 (A letöltés ideje: 2017. 09. 27.)
12. KISS B., MUHORAY Á.: A hazai kutató – mentő szervezetek. *Hadtudomány,* 24 1–2 (2014), 92–107. http://mhtt.eu/hadtudomany/2014/1_2/2014_1_2_9.pdf (A letöltés ideje: 2017.09.27.)
13. *62/2011. (XII. 29.) BM rendelet a katasztrófák elleni védekezés egyes szabályairól.* http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=142890.324506 (A letöltés ideje: 2017.09.27.)
14. SCHWEICKHARDT G.: *Nemzetközi Katasztrófa-elhárítási jog*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2014. http://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/8560/Teljes%20sz%c3%b6veg%21?sequence=1&isAllowed=y (A letöltés ideje: 2017.09.28.)

26. Takács Krisztina – Kuti Rajmund: Extrém esőzések következtében kialakult csapadéktöbblet kezelésének tapasztalatai Győrben

As a result of extreme weather phenomena, the experience of treating excess rainfall is generated in Győr

Absztrakt

A globális klímaváltozás következtében kialakuló szélsőséges időjárási jelenségek meteorológiai előrejelzése nem könnyű feladat, ezért a védekezésre felkészülni nehéz. Ezeknek a jelenségeknek az egyik megjelenési formája az extrém, nagymennyiségű csapadékkal járó hirtelen esőzés, aminek következtében megjelenő csapadéktöbbletet a települések közműhálózata nem képes zökkenőmentesen elvezetni. Az adott területen megjelenő víz feltorlódik és egyes városrészeken összefüggő vízfelületet képezve belvízként jelentkezik. Mivel hazánkat az utóbbi években több alkalommal is elérte özönvízszerű esőzés, ezért a károk elhárítása során szerzett tapasztalatokat, illetve a kárfelszámoláshoz alkalmazott legfontosabb lépéseket is tanulmányoztuk kutatásaink során. Lakóhelyünket Győr Megyei Jogú Várost és környékét az elmúlt években többször is sújtotta özönvízszerű esőzés, melynek során lehulló csapadék elvezetése, a kialakult katasztrófahelyzet kezelése nem bizonyult könnyű feladatnak. A kárfelszámolást elsősorban a hivatásos kárfelszámoló szervezetek egységei végezték, de erő-eszköz és kapacitás hiánya miatt a védekezésbe be kellett kapcsolódni az önkormányzatnak és önkormányzati szervezeteknek is. Írásunkban a Győrben történt özönvízszerű esőzések következményeinek felszámolása során szerzett tapasztalatainkat, valamint a hasonló helyzetek elkerülése érdekében hozott helyi intézkedéseket, azok eredményeit kívánjuk megosztani, a hasonló problémákkal szembe kerülő szakemberekkel.

Kulcsszavak: Extrém esőzés, csapadéktöbblet, csapadékvíz elvezetés, megelőzési lehetőségek,

Abstract

The meteorological forecast of the extreme weather phenomena emerged as a result of global climate change is not an easy task, so the preparing for the defense is difficult. One of the manifestations of these phenomena is the sudden rainfall with extreme rainfall, which results in the rainfall surges that the municipal public utility network can not leak smoothly. The water that appears in the area is creeping and forming a water surface connected to some parts of the city as inland water. Since our floods have been flooded several times in the recent years, we have also studied the experience gained during the damage elimination process and the most important steps for damage elimination during our research. Our place of residence Győr

County town and its surroundings have been repeatedly affected by the flood-like rainfall in the recent years, during which the drainage of precipitation and the emergence of a disaster situation proved to be no easy task. Damage elimination was primarily carried out by units of the professional damage settlement organizations but due to the lack of the force and the capacity, the local government and local government organizations had to be involved in the defense. In our writings, we share our experience with the elimination of the consequences of the flood-like rainfull in Győr and the local measures taken to avoid similar situations, and to share the results of those with professionals who are facing similar problems.

Keywords: Extreme rainfall, rainfall surplus, rainwater drainage, prevention opportunities

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 hóviharok, és extrém hőmérsékletingadozások [1]. 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, a víz elvezetésének fontosságára.

Extrém esőzések jellemzői Magyarországon

A globális felmelegedésnek köszönhetően sajnos egyre sűrűbben tapasztalunk hirtelen időjárás változásokat, melyek 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 [2]. Az időjárási exrémitások 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 nagyobb pontossággal történik, a

várható csapadékmennyiségek pontos meghatározása továbbra sem könnyű feladat, ezért a védekezésre felkészülni is nehéz [3]. Az özönvízszerű eső jellemzője, hogy rövid idő alatt rendkívül nagy mennyiségű csapadék hullik, melyet a csatornarendszerek nem tudnak elvezetni, ezért a települések több részén a feltorlódott csapadékvíz belvízként jelentkezik, elárasztva a lakóházak pincéit, az aluljárókat, mélygarázsokat, az alacsonyabban fekvő területeket [4].

Megelőzéssel, felkészüléssel, kárfelszámolással kapcsolatos feladatok

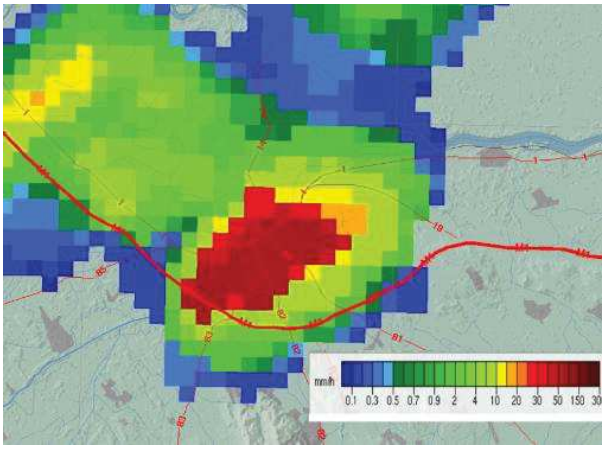
Nagy hangsúlyt kell fektetni a prevencióra, de vannak olyan katasztrófahelyzetek, melyeket megelőzni nem lehet – ide sorolható az özönvízszerű eső is – viszont a gyors, hatékony, összetett kárfelszámolásra fel lehet készülni, melynek érdekében védelmi tervezési feladatokat kell végezni. Fontos feladat 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, melyeket évente pontosítani kell. A felkészüléshez hasznos tanácsokat és segítséget tudnak nyújtani a hivatásos katasztrófavédelmi szervezetek. Arra is fel kell készülni, ha a károsult terület egyszerre több településrészt érint, vagy kiterjedése nagy, illetve hosszan tartó kárfelszámolást kell folytatni. 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 védekezést kell folytatni. A kárfelszámolást legtöbb esetben a hivatásos kárfelszámoló szervezetek egységei végzik, de erő-eszköz és kapacitás hiánya miatt a védekezésbe be kell kapcsolódni az önkormányzatoknak és a lakosságnak is. Számba kell venni az állandó orvosi ellátásra szorulókat, az orvosi ellátást, esetleges elszállítást biztosítani kell részükre. Értesíteni kell a közműszolgáltatókat is. A védelmi bizottság elnökét és a katasztrófavédelmi szerveket minden eseményről folyamatosan tájékoztatni kell [5].

Özönvízszerű esőzés következményeinek felszámolása Győrben

Győr a folyók városa, a Kisalföld észak-keleti részén található, domborzati szempontból a város sík területen fekszik, ami vízelvezetés tekintetében nem kedvező. A város az 1970-es évektől

nagy léptékekben fejlődik, ami azt jelenti, hogy a beépített területek, szilárd burkolatú felületek aránya nagymértékben növekszik, ezért egyes városrészeken a zöld területek aránya elenyésző. Ennek következményeként az esőzések következtében lehulló csapadékvíz a szilárd burkolatok miatt teljes egészében a csatornákba kerül. Ezekben a városrészekben egy extrém esőzés adott csatornahálózat kritikus túlterheléséhez vezet, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy a rendszer nem képes elvezetni a nagymennyiségű 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 OMSZ[65] radarképén – következő ábra – jól látható a Győrben lehullott csapadékmennyiség.



1.sz. ábra: OMSZ radarképe a Győr városra hulló csapadék mennyiségéről, (Forrás: [6])

Ez a mennyiség három-négyszerese volt annak, amit a csatornarendszer azonnal el tud vezetni, így több helyen nem nyelték el azonnal a hatalmas mennyiségű vizet a víznyelők. A következő képeken jól látható a kialakult helyzet.

2.sz. kép: Özönvízszerű eső következményei Győrben (Forrás: Győr MJV Tűzoltósága archívuma)

[65] Országos Meteorológiai Szolgálat

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 belülre lehetett átemelni a vizet. A csatornarendszerekre telepített átemelő szivattyúknak köszönhetően esti órákra sikerült rendezni a helyzetet, 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 m^3 csapadékvízzel hígított szennyvízzel tehermentesítette az elvezető rendszert, ennek ellenére a központi főgyűjtő csatorna is rövid időre feltelt, de az átemelő szivattyúk rövid idő alatt leküzdötték a teltséget. A térszint alatti helyiségeket a víz elöntötte, továbbá, ahol a szennyvíz elvezető rendszerbe nem szereltek visszacsapó szelepet, ott a szennyvíz is visszafolyt.

A legrosszabb helyzet Győr-Ménfőcsanakon volt, ahol a víznyomás megemelte a csatornafedeleket is és 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 végig folyt az utcákon, több helyen a lakótelkekre, pincékbe.

3.sz. kép: Feltelt csatornák Győr-Ménfőcsanakon (Forrás: 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 fertőzésveszély is, melynek 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 mossuk meg a zöldségeket és gyümölcsöket, ha ételt készítünk ezzel, 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 [7]. 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 nem csak egy ember kapja meg, sok esetben alakulhatnak ki járványok. Az erre utaló jelek, hogy a megbetegedések egybeesnek a vízellátási területekkel, egyszerre sok ember betegszik meg, így a víz fertőzöttsége könnyen megállapítható [8]. 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 [9]. 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, mely 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 hatékony megelőző intézkedések kidolgozásában.

„AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTÉRIUMA ÚNKP-17-3-I-NKE-7 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT”

Felhasznált Irodalom

1. Padányi József: National defence research on the effects of climate change. HADTUDOMÁNY (ONLINE) 1: pp. 30-40. (2013)
2. Kuti Rajmund, Nagy Ágnes: Weather Extremities, Challenges and Risks in Hungary. AARMS, XIV. 4 (2015), 299-305.
3. Földi László, Halász László: Környezetbiztonság, Complex Kiadó Budapest, 2009
4. Földi László: Impacts of climate change to disaster management tasks with special emphasis on critical infrastructures, Hadmérnök, VI. Évfolyam 3. szám, 50-57. o. 2011. URL: http://www.hadmernok.hu/2011_3_foldi.pdf (letöltve: 2017. 03. 20.)
5. Kuti Rajmund: Intézkedési program belvíz-védekezési munkálatokhoz, Védelem Online: Tűz-és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár, 67, pp 1-12. 2007, URL: http://www.vedelem.hu/letoltes/tanulmany/tan67.pdf
6. Országos Meteorológiai Szolgálat Honlapja, www.met.hu/eghajlat/magyarorszag, (letöltve: 2017. 07. 15.)
7. Paulik Edit: Megelőző orvostan és népegészségtan. JATEPress, 2013
8. Dávidovits Zsuzsanna.: A lakossági ivóvízellátás környezetbiztonsági kockázatai csökkentésének lehetőségei és az ivóvízbiztonsági tervezés kapcsolatrendszere.; Nemzeti Közszolgálati Egyetem, PhD Doktori disszertáció, 2015.
9. Kuti Rajmund, Grósz Zoltán: Biológiai eredetű veszélyhelyzetek kezelése, előtérben a mentesítési feladatok, ***HADMÉRNÖK*** **XI.:**(1.) pp. 125-132. (2016), URL: http://www.hadmernok.hu/161_13_kutir_gz.pdf (letöltve: 2017. 07. 15.)

27. Balatonyi László, Makay Gábor, Tóth László: A közelmúlt globális klímaváltozásai, helyi vízkáreseményei és költségvetési következményei a dél- dunántúli kis vízfolyásokon

1. Bevezetés

Az elmúlt húsz év hidrometeorológiai szélsőségei azt a tudatot erősítik bennünk, hogy igen is létező folyamat a globális klímaváltozás. A szélsőséges időjárási események és azok következménye egyre gyakoribbá válnak az előttünk álló években, évtizedekben. Klímaváltozás alatt leginkább 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}) csapadékeseményekre.

A csapadék különféle felszínekre hullhat (tagolt, tagolatlan). Az egyik legnagyobb kihívást a belterületi csapadékvízelvezető rendszerek méretezésénél, a csapadék burkolt felszínekre való hullása jelenti. A lecsökkenő összegyülekezési idő okán, lokálisan jelentős visszaduzzasztásokat, ezáltal belterületi elöntéseket okoznak, amik pedig jelentősen megnövelik a védekezés és a helyreállítási költségeket.

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (angolul: *European Environment Agency*) kiadott 2015. évi jelentése alapján, az intenzív csapadékesemények egyre gyakrabban kell számítani Közép és Kelet-Európában. A vízrendezési feladatoknál, 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 is követelt Franciaország dél részén levonult árvíz, mindamellett 12 ember tűnt el. 2015 őszén pedig Boszniában vesztette öt ember az életet. Sajnálatos, hogy bár nagyon ritkán, de hazánkban is követelt emberéletet a kisvízfolyásokon levonuló árvíz (1975. Ajkarendek, 1965. Vas megye).

2. Célkitűzések

A helyi vízkáresemények a vízügyi ágazatot a szakmai kihívásokon kívül, gazdálkodási szempontból is rendkívüli módon érintette, 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 nem csak a védekezés közvetlen költségeit, hanem

a helyreállítás, de ugyanúgy az egyes jogvitákból, ahhoz kapcsolódó ingatlanrendezésekből keletkező költségek, terhek is értendők.

A tanulmányban a 2010-es rendkívüli esőzések 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 összegét) külön vizsgálatát, azoknak a felmerülési időpontjuk és védekezés teljes kiadásokhoz 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 károkra és így a felmerülő védekezési kiadásokra való hatásának vizsgálatával.

Figyelemmel a helyi vízkáresemények lokális jellegére indokolt, ha a fenti vizsgálatainkat az ilyen típusú védekezési, illetve kárelhárítási eseményekben 2010. évben (gazdasági szempontból is) kiemelkedően érintett Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság költségvetésének elemzésén keresztül végezzük. Ezen túl szükséges a gazdasági hatásoknak nemzetgazdásági mértékű szemléltetése is, melyhez kapcsolódóan a tanulmányban érinteni kívánjuk az vízügyi ágazat költségvetési támogatásának helyzetét, külön tekintettel a helyi vízkáresemények megelőzésében, illetve a helyi védekezéshez felhasznált költségvetési forrásokra.

A tanulmány célja, hogy konkrét javaslatot fogalmazzon meg gazdaságilag kiszámíthatóbb vízkárelhárítási módra, és ezáltal megismerhessük a megelőzés-védekezés forrásigényeinek különbségét. 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, miszerint a globális klímaváltozással együtt járó heves és kiszámíthatatlan csapadékesemények egyre nagyobb anomáliákat (lokálisan egyre nagyobb visszaduzzasztásokat, ezáltal belterületi elöntéseket) fognak okozni a kis- és különös képen a megnövekedett burkolt felületekkel ellátott városi területeken. A korábbi években tervezett kül- és belterületi csapadékvízelvezető rendszerek egyre inkább alul méretezettek lesznek, a

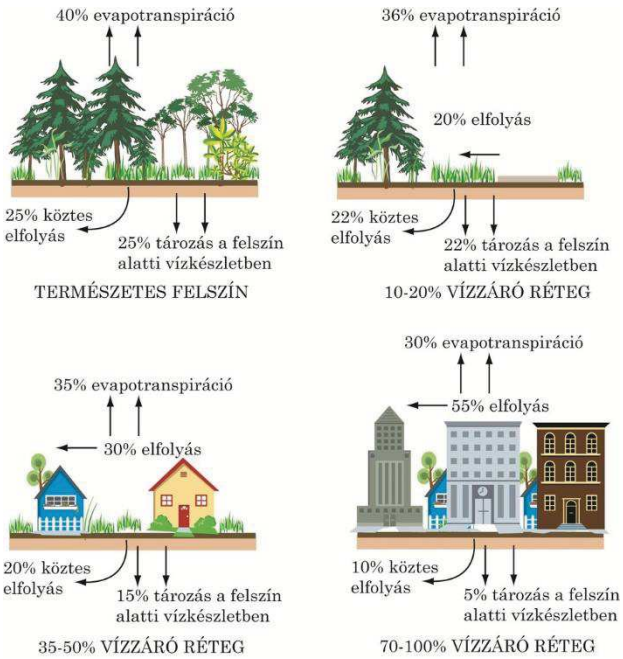
növekvő mértékadó árvízszintek okán, ezáltal egyre kevésbé tudják betölteni a víz el - és levezető funkciójukat. Ez által egyre gyakrabban kell a védekezésben részt vevő állami szerepvállalóknak (területi vízügyi igazgatóságok, önkormányzatok, katasztrófavédelem) jelentős többlet költségekkel számolni. A tervezett működési költségek – beigazolódása esetén, szakmailag indokolt a vízkáreseményekkel kapcsolatban a műszaki fenntartási-védekezési munkafolyamatok gazdasági szempontú eredményességének a további vizsgálata.

3. Eszközök és módszerek

Az extrém csapadékos időszakok egyik legsúlyosabb hidrológiai következménye lehet domb- és hegyvidékeken megjelenő villámárvíz (angolul: *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, általános definíció szerint összegyülekezési idejük kevesebb, mint 6 óra (GEORGAKAKOS 1987; GEORGAKAKOS 2002; GEORGAKAKOS 2006; GEORGAKAKOS és HUDLOW 1984).

Városi területesek 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 (angolul: *urban flood*) okozva (

60. ábra).



60. ábra Városi árvizek kialakulása a felszínhasználat változása következtében a hidrológiai ciklus több eleme is megváltozik (Saját szerkesztés, DAVIDSON et al. 2002 ábrája alapján)

Az urbánus területeken a jelenleg érvényben lévő Vízkárelhárítási szabályzat nem tesz különbséget a települések morfológiai vagy szerkezeti jellege, mint 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.

3.1 A 2010 májusi-júniusi helyivízkár események 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 május15-én, szombat hajnalban érte el az országhatárt. Az intenzív csapadékesemény hatására 72 óra alatt 155 mm csapadék hullott (RONCZYK és 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 3 hónap csapadék mennyisége esett le a Dél-Dunántúl területére.

A Kapos-folyó vízgyűjtőjére lehullott csapadék hatására a Kapos-folyón 2010. május 15-én kora délután indult el rendkívül gyors áradással járó árhullám alakult ki. 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 hosszban bal parton Sásd város homokzsákkal védekezett, majd a jobb parti depónia meghágását követően - 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 vízgyűjtő felső dombvidéki területein 2010. május 16-án kialakultak a tetőzések (Hetvehely, Szentlőrinc). A Dél-Dunántúlon számon 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-én 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.

3.2 A költségvetési tervezés nehézségei

A fenti előzmények szerint, a 2010-es év május-június hónapok közötti időszakában regisztrált csapadékmennyiségek és intenzitás rendkívüli jellege a vizsgált Dél-dunántúli 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 ide értjük 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 tervezhetőek. Ennek a megállapítását fontosnak tartjuk abból a szempontból, hogy érthető legyen, 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 és az előre való költségvetési tervezést akadályozza, hogy az árvízi védekezéssel szemben a helyi vízkárelhárítás szabályozása, az abban jogszabályi előírás szerint résztvevők, 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 felelőse a Vízgazdálkodási 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 ezek a szereplők azok, akiknek a vizsgált vízkáresemények elhárításával együtt felmerülő szükséges költségeket végső soron viselniük kell. Az, 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, annak két oka van.

Az egyik – ami magát a jogalapját is jelenti a helyi vízkárok elhárításában való állami szerepvállalásnak – az a Vgtv előírása, miszerint a vízügyi igazgatási szervnek az alapvetően tehát önkormányzati feladatkörbe utalt helyi védekezésben közreműködési, szakmai segítségnyújtási kötelezettsége van. A Vgtv 16. § 1 bekezdése alapján: *„A vízügyi igazgatási szervnek vízkárelhárítással összefüggő feladata: a helyi önkormányzatok vízkár-elhárítási tevékenységének szakmai irányítása”*. A szakmai irányítási keretében felmerülő, 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 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 – meg kell állapítanunk, hogy költségvetési oldalról már komoly tételt 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 is volt – igenis számolni és tervezni kell a helyi vízkárok megjelenésével, az azokkal felmerülő költségekkel is.

Nem utolsó sorban szintén a költségvetési tervezést nehezíti meg az a tapasztalat, mely szerint a vízkárelhárítással kapcsolatban felmerült költségek egy része az esetek túlnyomó részében utólag kerül forrásként biztosításra, azaz az illetékes költségvetési szervnek ezeket a költségeket más forrásból gyakran elő kell finanszíroznia.

3.3 A 2010-es Dél-dunántúli helyi vízkáresemények költségvetési hatásai

A vizsgált időszakban, a térségben lehullott nagy mennyiségű csapadék okozta havária események 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, mellyel kapcsolatban *védekezési költségek* merültek fel.

2. Védekezési költségként személyi juttatások, azok közterhei, valamint dologi kiadások is jelentkeztek.
3. A helyi vízkáresemények költségvetési hatásai között 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 nem csak 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, melyek igazolhatóan ezen vizsgált időszak esőzéseivel hozhatók összefüggésbe. Ilyen költségek között indokolt számon tartani a kifizetett *kártalanítást,* a jogvitákból eredő *kártérítési* fizetési kötelezettséget (nem utolsó sorban az ezekhez kapcsolódó egyéb – pl.: ügyvédi, eljárási – 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.

3.4 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:

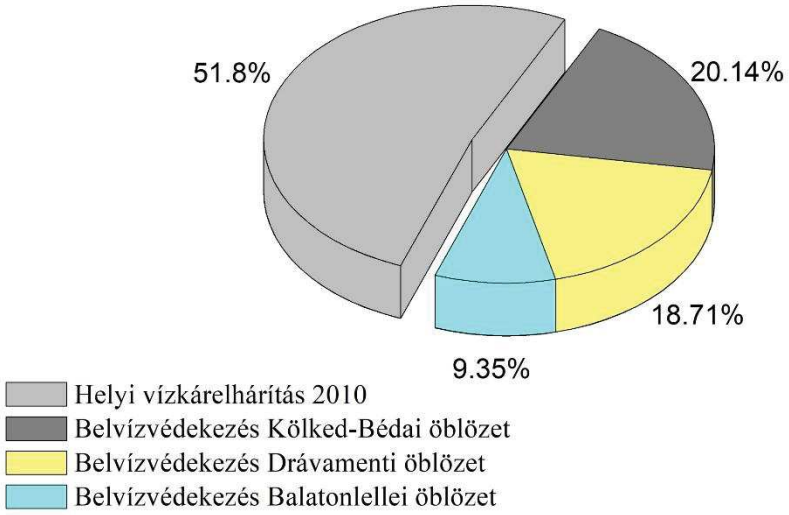
Közvetlen védekezési kiadásokra 101 millió forintot[66] költött az Igazgatóság. Ebből az összegből szükséges levonni a téma szempontjából most nem vizsgálandó árvízi védekezéssel kapcsolatban felmerült 32,5 millió forintos[67] tételt.

Az így fennmaradó tétel igazolhatóan a május-szeptemberi időszakban felmerült költségek fedezetéül szolgált. Ezek alapján tehát megállapítható, hogy a 2010-es esőzések következtében kialakult helyi vízkáreseményekkel kapcsolatban a területileg illetékes vízügyi igazgatóságnak 68,5 millió forint[68] 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

[66] Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján
[67] Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján
[68] Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján

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 teszi ki. A jelzett 68,5 millió forint az egyes védekezési helyszínenként az alábbiak szerint összesíthető (2. ábra).



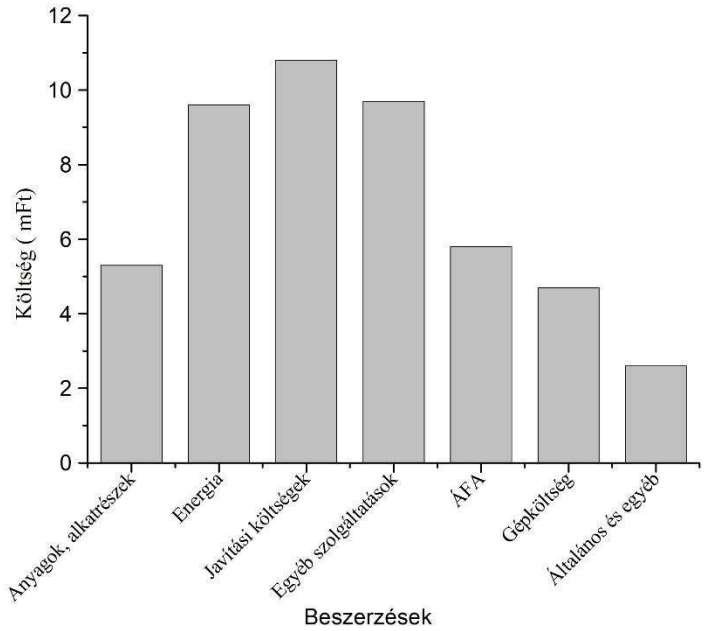
61. ábra 2010. évi rendkívüli kiadások megoszlása

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 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 egyrészről a védekezési feladatok „háttérműveleteit" végző adminisztratív munkatársak többletmunkájának ellenértékét, továbbá szintén nem tartalmazza a védekezésben elszámolt 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 rendes (békeidős) munkaideje alatt végzett védekezési munkájuk sem, kizárólag a túlórák és az ún. védekezési átlag bérkülönbözet.

A napi rendes 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 humánerőforrás (elsősorban területi felügyelői, csatornaőri, gépkezelői állomány) biztosítása tekintetében is.

Ami a dologi kiadásokat illeti (48,5 mFt)[69] 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 jelentik. Magán a dologi kiadásokon belül érdemes megvizsgálni, hogy a helyi vízkárral és belvízzel kapcsolatban jellemzően milyen beszerzések történtek (3. ábra).



62. ábra Dologi kiadások megoszlása helyi vízkárral és belvízzel összefüggésben a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság működési területén 2010-ben

A védekezéssel kapcsolatban felmerült másik nagy tételt, a helyreállítási kiadások jelentik.

A Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság ilyen célra 20,5 millió forintot[70] fordított, mely tétel tartalmazza az árvízi védekezéssel kapcsolatban szükségszerűvé vált helyreállítási munkák

[69] Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján
[70] Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján

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 teljes körű helyreállításhoz ténylegesen szükséges forrás igényt 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 (mFt)**
Kapos csatornán depónia helyreállítása, uszadék-szedés, műtárgy-javítás	1,64
Depóniák helyreállítása az alábbi vízfolyásokon: - Borza patak - Okorköz csatorna - Okor vízfolyás - Fekete víz - Karasica vízfolyás	4,00
Baranya, Hábi csatornák depóniáinak helyreállítása	2,56
Egyéb depónia helyreállítása	4,00

Ezeken kívül a helyreállítási kiadások között merültek még fel - saját gépkocsi használat, 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 első sorban 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).

2. táblázat: Kártérítési igények havária miatt

Per tárgya	**A károkozás helye**	**Pertárgy érték** (kártérítés és járulékai) (mFt)
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. májusában, valamint 2013. áprilisában és 2014. októberében bekövetkezett rendkívüli esőzések miatt - helyi vízkár.	A Bükkösdi-árapasztó csatorna 3+100 km szelvényénél található műtárgy (csapóajtós áteresz) meghibásodása miatt következett be az érintett földek elöntése.	9,29
2. A felperesek tulajdonában álló, a VIZIG vagyonkezelésében 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

A perekből származott és - tekintettel azok jelenleg is folyamatban lévő állapotára - származható kiadások a legkevésbé tervezhetőek. 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 öt éves 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, mely szerint az túlnyomórészt azonos történeti tényállású kártérítési perek kimenetele sokszor az eljáró bíróságok ítélkezése alapján merőben ellentétes eredménnyel zárul. Azaz - egyes bíróságokon nyertesként, míg más bíróságokon vesztesként kényszerülünk elhagyni a tárgyalótermet, még ha az ügyek (tényállások) kísértetiesen is hasonlítanak egymásra.

Ezzel kapcsolatban úgy gondoljuk, hogy az - elsősorban a vízitársulatoktól 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 segítené elő a pernyertességet.

Nyilvánvaló, hogy a vízkáreseményekhez kapcsolódó jogviták fenti sajátosságai nem kis terhet, illetve problémát jelentenek a költségvetés, a költségvetési tervezés számára.

4. 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 – egyrészről a dolgozatban többször is jelzett bizonytalan – nem teljes (még várható) kiadási tételek miatt, továbbá amiatt is, hogy nincs arra adatunk, mérésünk, hogy egy adott vízfolyáson a károk bekövetkezését egészen biztosan megakadályozni képes állapot (fenntartási munka) költségigénye hogyan viszonyulna az adott vízfolyáson bekövetkezhető károk költségigényével.

A megelőzni jobb, mint helyreállítani alapelvvel való azonosulás mellett is, nyilvánvaló, hogy ilyen típusú összehasonlítást nem tudunk végezni, de az talán nem is vezetne helyes

eredményre. Azonban a rendelkezésre álló adatok birtokában a következő megállapítások tesszük:

A vízügyi igazgatóság az egész működési területét illetően 2010. évben 76,3 millió forintot[71] költött fenntartási munkákra. Ebbe beletartozik valamennyi vízfolyásra, vízilétesítményre az adott évben ilyen célra fordítható forrás, és mint ilyen egy fajta 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 szükségszerű 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 vízkárokban ténylegesen érintett) és többnyire kisvízfolyásokra koncentrálódott.

Megállapítható tehát, hogy a károk helyreállítása rendkívül komoly tételként jelentkezett a 2010-es május-szeptemberi esőzések során a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóságnál.

Tudomásul kell venni, hogy vannak, és a jelek szerint egyre inkább lesznek, olyan vis maior jellegű események, melyek megelőzésére – még oly gondos felkészülés, fenntartás esetében – sincs mód. A vízügyi igazgatási szerveknek nem tehető feladatává, hogy extrém körülményekre modellezze fenntartási – *kármegelőzési* munkáit, ugyanakkor elvárt, hogy az ilyen vis maior jellegű események során védekezési tevékenységével mindent megtegyen a *károk elhárításáért*.

5. Konklúzió

Az elmúlt évek, 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 csapadékkezelő rendszerek tervezésének alapvető újragondolása. A felülvizsgálat lehetőséget teremt a tényleges vízgazdálkodás alapjainak a megteremtésére. A vízkészletek megtartására elsődleges cél (vízvisszatartás, tározás), amely enyhítheti az aszályos időszak, szintén negatív vízgazdálkodási és gazdasági következményeit.

[71] Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján

A jelenlegi városi vízgazdálkodás – amennyiben egyáltalán beszélhetünk városi vízgazdálkodásról – magába foglalja a település vízellátását, a szennyvizek kezelését, azok elhelyezését, vízfolyással érintett települések esetében a településen áthúzódó vízfolyások, amennyiben a településen található tó, akkor azok, illetve a tározók védelmét, fenntartását. A városi vízgazdálkodás egyszerűen jelenti a területhasználat(ok)ból eredeztethető vízgazdálkodás következmények szükségszerű (rövid és hosszútávú) kezelését. A vízgyűjtő szemléletből kifolyólag tervezési szempontból számos esetben nem beszélhetünk tisztán települési vízgazdálkodásról (külterületi vízgyűjtő esetében), éppen ezen okból kifolyólag szükségszerű a csatlakozási pontok (pl.: befogadók) megfelelő illesztése (jelenleg eltérő a belterületi szakaszok kiépítési valószínűsége) a külterületi szakaszokhoz.

Összességében a dolgozat során megállapítást nyert, hogy a helyi vízkáresemények és belvízek okozta károk igenis jelentős – az árvizekkel is vetekedő – tételt jelentettek 2010-ben a Dél-dunántúlon.

Korábbi munkákban is megállapítást nyert, hogy a helyesen méretezett és fenntartott csatornahálózat, belterületi csapadékvízelvezető árkok nagy szerepet játszanak a lefolyás szabályozásában (RONCZYK et al. 2012). A felmerülő költségek vizsgálatakor kiderült, hogy azok egyrészről nehezen tervezhetők, azok egy része sokszor évekkel később merül 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 nem helyezünk megfelelő hangsúlyt a kis vízfolyások hirtelen áradásaira

Mindezek arra kell, hogy irányítsák a figyelmünket, hogy a helyi vízkárokkal kapcsolatban rendelkezésre álló tapasztalatok minél jobb hatásfokkal való felhasználásával, költségvetési szempontból is egyre tudatosabban tervezzük a felmerülhető kiadásokat.

Irodalomjegyzék

1. DAVIDSON, J.P., REED, W.E. és DAVID, P.M. (2002): Exploring Earth II. Kiadás Prentice Hall Upper Saddle River, NJ (Amerikai Egyesült államok)
2. GEORGAKAKOS, K.P. (1987): Real-time flash flood prediction. Journal of Geophysical Research, Vol. 92, No. D8, 9615-9629.
3. GEORGAKAKOS, K.P. (2002): Hydrometeorlogical models for real time rainfall–flow forecasting. In(eds.): Singh V.P.–D. Frevert: Mathematical models of small watershed hydrology–applications p. 509-655. ISBN 1-887201-35-1
4. GEORGAKAKOS, K.P. (2006). Analytical results for operational flash flood guidance. Bulletin American Meteorological Society 317, 81-103.
5. GEORGAKAKOS, K.P. és HUDLOW, M.D. (1984). Quantitative precipitation forecast techniques for use in hydrologic forecasting. Bulletin American Meteorological Society, Vol. 65, 1186-1200.
6. GERESDI, I. (1999): Zivatarok előrejelzése és radarképek automatikus feldolgozása. (Nowcasting of thunderstorms and automated analysis of radar images) – Országos Meteorológiai Szolgálat, Nowcasting Project, Project Report, pp. 1-7.
7. MARCHI, L., BORGA, M., PRECISO, E. és GAUME, E. (2010): Characterization of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management. Journal of Hydrology, 394:118-133.
8. RONCZYK, L. és CZIGÁNY, SZ. (2013): Urban geomorphological process in Pécs, Southwest-Hungary, Triggered by Extreme Weather in May and June 2010. In.: Lóczy D. (szerk.): Geomorphological impacts of extreme weather: Case studies from Central and Eastern Europe. Springer, Netherlands, pp. 347-360.
9. SHARIF, H.O., YATES, D., ROBERTS, R. és MUELLER, C. (2005): The Use of an automated nowcasting system to forecast flash floods in an urban watershed Journal of Hydrometeorology, 7: 190-202.
10. RONCZYK, L., CZIGÁNY, SZ., BALATONYI, L. és KRISTON, A. (2012): Effects of excess urban runoff on waste water flow in Pécs, Hungary. Riscuri şi Catastrofe, 11:144-159.

28. Hoffmann Imre, Cimer Zsolt, Király Lajos: A csapadékvíz-gazdálkodás iparbiztonsági aspektusai

Absztrakt:

A klímaváltozás, a globális felmelegedés hatásai már nem csupán hipotézisek, egyre gyakoribbak a szélsőséges időjárási események, melynek egyik formája a jelentős mennyiségű lokális csapadék. A következmények nemcsak a lakosság mindennapjait befolyásolják, hanem kihatással lehetnek a gazdálkodó szervezetek tevékenységére is, akár veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset bekövetkezéséhez is vezethetnek.

A szerzők a publikációban a katasztrófavédelem-iparbiztonsággal kapcsolatos szabályozást, a veszélyes tevékenység végzésére vonatkozó műszaki kritériumrendszert és esetleírásokon keresztül a nagymennyiségű lokális csapadék, a csapadékvíz gazdálkodás iparbiztonsági aspektusait mutatják be.

Kulcsszavak: veszélyes ipari üzem, csapadék, csapadékvíz-gazdálkodás

Abstract

Today the effect of global warming and climate change is not only a hypothesis, some places could receive huge amount of water through rains, because of extreme weather conditions. The aboves affects not only the communes life, that could cause changes by the operation of companies, who operate with hazardous materials. As a result, that could occur industiral accident.

The authors of this article wanted to highlight the industiral aspects of large amount of local rainwater, and the importance ofrainwater management by real event analyzes, thorugh catastrophe/disaster management- industrial safety requirments and technical criterias.

Keywords: dangerous indutrial company, rain, rainwater- management.

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, melyek hatásai súlyos károk kialakulásához 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 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 egyévnyi eső esett, a település melletti nagy gátak elkezdtek túlcsordulni. Az Arkema vegyi üzem 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 érkezese előtt már leállították a termelést, de a hirtelen érkezett, 102 centiméternyi esőre nem számítottak. A nagymennyiségű 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, mely 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, melynek 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. [1]

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 vagyonbiztonságot – továbbiakban: veszélyes tevékenység – kizárólag az iparbiztonsági hatóság katasztrófavédelmi engedélyével végezhető. [2]

A publikációban a katasztrófavédelem-iparbiztonsággal kapcsolatos szabályozást, a veszélyes tevékenység végzésére vonatkozó műszaki kritériumrendszert és esetleírásokon keresztül a csapadékvíz-gazdálkodás iparbiztonsági aspektusait mutatjuk be.

Iparbiztonság-katasztrófavédelem szabályozási rendszer

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 XXI. század elején bekövetkező veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek – 2000. januárban a romániai Nagybányán történt ciánszennyezés, 2000. májusi hollandiai enschedei „tűzijáték baleset", 2001. szeptemberben a toulousei 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, amely arra utal, hogy az irányelvben foglalt célkitűzések megvalósítása eredményes. [3]

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.

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, melynek 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 közúti, vasúti, vízi közlekedési ágazatokban; a kritikus infrastruktúrák védelmére; valamint a nukleárisbaleset-elhárítás szakterületre. [4]

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), amelyet az Európai Parlament és az Európai Tanács 2008. december 16-án elfogadott, és a 1272/2008/EK rendelettel (továbbiakba: CLP) az EU tagállamaira is kötelező érvényűvé tett. A CLP megalkotásával a korábbi, veszélyes anyag osztályozására vonatkozó 67/548/EGK Irányelv folyamatosan hatályát vesztette, így mindazon jogszabályok – többek között a Seveso II. Irányelv is – felülvizsgálata indokolttá vált, amelyek valamilyen kapcsolatban álltak 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 veszélyes anyag osztályozási rendszert alkalmazza. [5]

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:

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 SEVESO 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

1. táblázat Az iparbiztonság nemzetközi és hazai szabályozásának változása

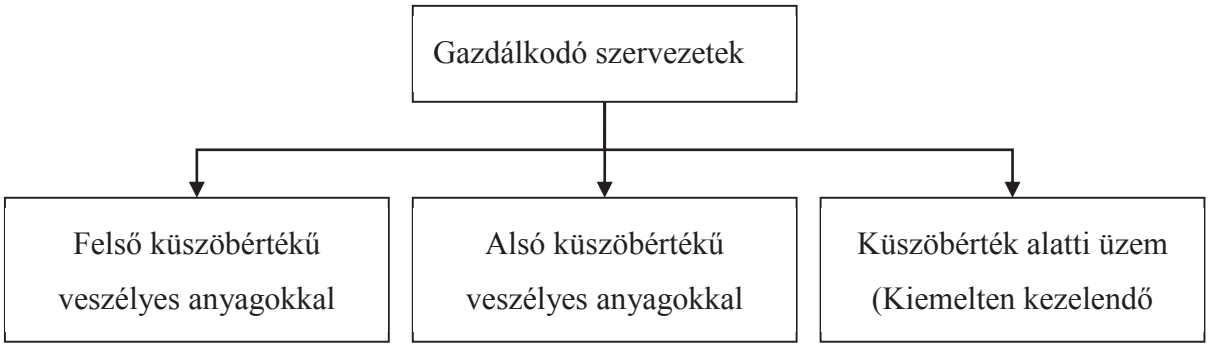
Veszélyes tevékenység folytatására vonatkozó iparbiztonsági követelmények

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. [2]

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.§-ban meghatározott, kiemelten kezelendő létesítmények.



1.ábra: A 219/2011. (X.20.) Korm. rendelet hatálya alá tartozó üzemek státusza (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 hatósághoz benyújtaniuk.

A katasztrófavédelem iparbiztonsági hatósághoz 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 kritériumnál, 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 ésszerűen 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. [6]
2. A társadalmi kockázat alapján a veszélyes tevékenység
   a. feltétel nélkül elfogadható, ha $F<(10^{-5}xN^{-2})$ 1/év, ahol $N>=1$.
   b. feltétellel fogadható el, ha minden $F<(10^{-3}xN^{-2})$ 1/év, és $F>=(10^{-5}xN^{-2})$ 1/év tartomány közé esik, ahol $N>=1$. 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 $F>=(10^{-3}xN^{-2})$ 1/év, ahol N>=1. Ebben az esetben, ha a kockázat más eszközökkel nem csökkenthető, a hatóság kötelezi az üzemeltetőt a tevékenység korlátozására vagy megszüntetésére. [6]

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. [6]

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 kerülés gyakoriságának meghatározására a gyakorlatban legelterjedtebb módszere a hibafa elemzés és a hibamód- és hatáselemzés (HAZOP).

A hibafa elemzés egy fordítva gondolkodási technika, amely a nem kívánt esemény (csúcsesemény) bekövetkezéséhez vezető okokat (közbenső események, alap esemény) logikai kapcsolatokkal tárja fel. A hibafa elemzés eredménye azoknak a berendezés- és az emberi hibák kombinációjának felsorolása, amelyek elegendőek egy súlyos baleset kiváltásához. Az alap események bekövetkezéseinek gyakorisága számszerűsíthető, így a csúcsesemény bekövetkezésnek gyakorisága meghatározható.

A HAZOP a normál üzemmenettől (tervezéstől) való eltérést vizsgálja vezényszavak – nincs, nem, több, kevesebb, stb. – segítségével. Az elemzés eredménye jegyzőkönyvben kerül rögzítésre, amelyben feltárásra kerül a normál eltérés kialakuláshoz vezető ok, valamint a lehetséges következmény is.

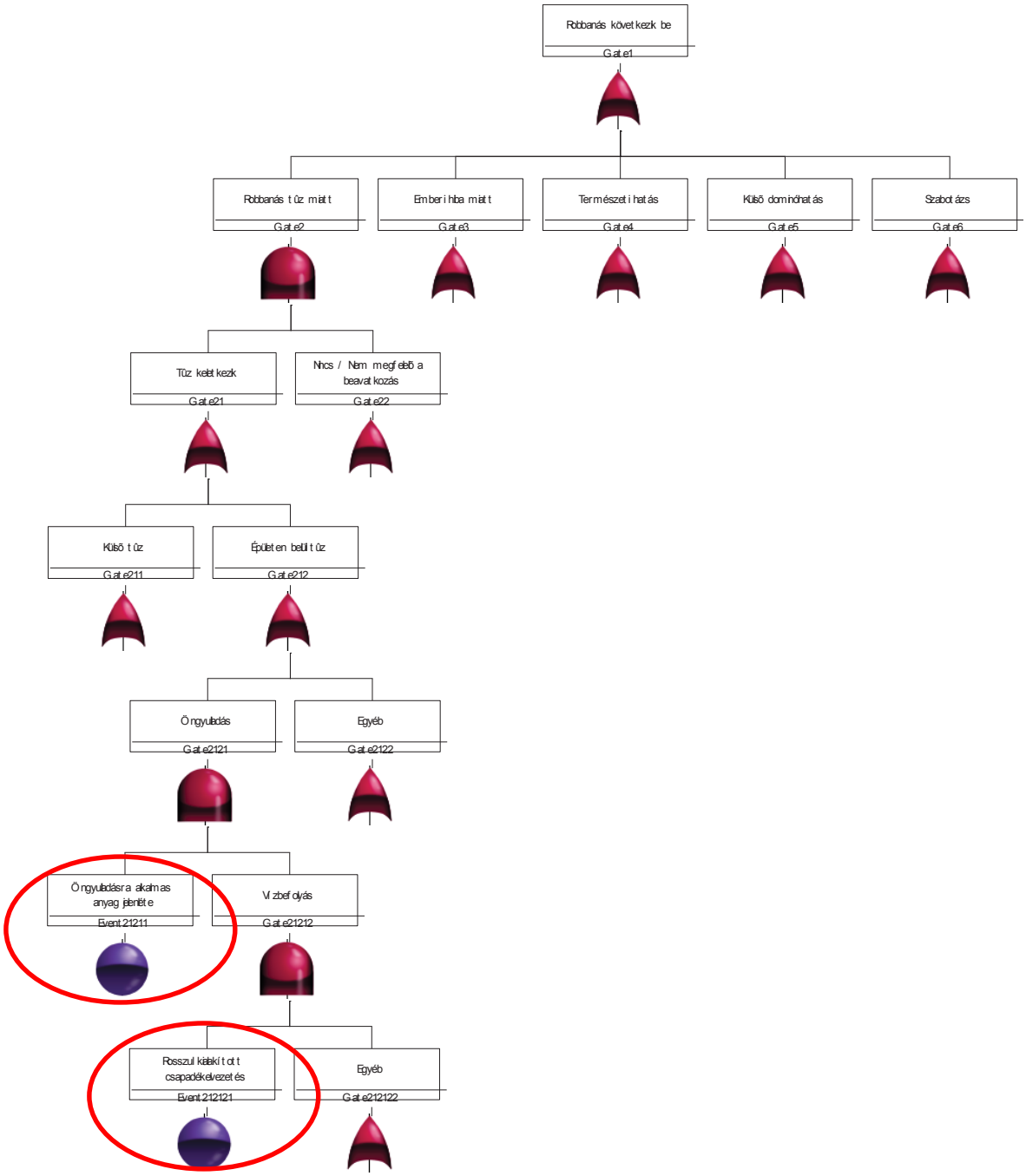
A nagymennyiségű lokális csapadék, a nem megfelelő csapadékvíz elvezetés – mint azt a bevezetőben is bemutatott esemény példázza – hozzájárulhat a veszélyes anyag szabadba kerüléséhez, a hibafa elemzés során alap eseményként, a HAZOP elemzésben a normál üzemmenettől való eltérés egyik okaként jelentkezhet.

Veszélyes anyag szabadba kerülésekor nem megfelelően kialakított csapadékvíz elvezető rendszer az események eszkalálódásához vezethet. Egy nem kívánt esemény lehetséges következményei az ún. 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 hibafa elemzéssel vizsgálhatók. A tárolásra vonatkozó általános hibafát az alábbi ábra mutatja be:



2.ábra: Hibafa-elemzés tárolás során bekövetkező robbanás (szerzők szerkesztése)

A fenti hibafa-elemzés alapján megállapítható, hogy egy veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset kialakulásához a nem megfelelően kialakított csapadékvíz-elvezetés is hozzájárulhat.

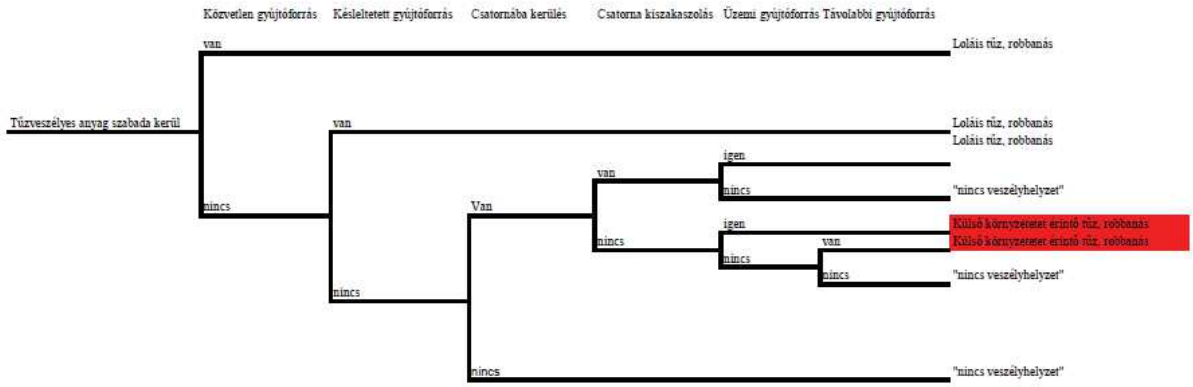
A hibafa-elemzés eredményét a 2008. június 28-án délelőtt, egy balatonfűzfői telephelyen bekövetkező robbanás is igazolja. A robbanás egy raktárépület kb. 20 m^2 alapterületű helységében keletkezett, ahol az üzemeltető a gyártási selejtként nagy mennyiségben felhalmozódott hulladék csappantyút, füstpatront, ködtermékeket, gyújtózsinórt,

villanógránátot és ködgyertyát tárolt. A tárolt robbanóanyagok mennyisége 225 kg TNT ekvivalens tömegnek felt meg. A robbanás feltételezett oka az volt, hogy az előző éjszakai jelentős esővel járó vihar vízbefolyást eredményezett, amely kiváltotta a hexaklóretános ködtermék melegedését, öngyulladását, amely a későbbiekben detonációhoz vezetett. A robbanás következtében a csappantyúval érintkező vasbeton fal 1-1,5 m^2 területen átszakadt, a hasadó-nyíló felületek megnyíltak, a vasajtó a szemközti földbevédésre repült. Az épület villámhárítója részben, illetve a védődomb területén lévő kerítés részlegesen megsérült. A légnyomás miatt a közelben található épületek üvegablakai betörtek. [8]

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 csapadék-elvezetés az üzemi területről kivezetéssel – például közvetlenül az élővízbe, üzem kívüli szikkasztóterületre, a közutak csapadékelvezetőjébe – történik.

A folyadék halmazállapotú veszélyes anyag szabadba kerülésének következményei eseményfa módszerrel elemezhető. Az alábbiakban robbanásveszélyes folyadék következményeit egy általános eseményfával mutatjuk be:



3.ábra: Általános eseményfa: tűzveszélyes folyadék szabadba kerülése (szerzők szerkesztése)

Az 1992. április 22-én Guadalajara (Mexikó) egyik legsűrűbben lakott negyedében történt robbanással a fenti eseményfa hitelessége igazolható. Az eseményben húsz épülettömb sérült meg, a becslések szerint halottak száma 300 fő volt és 1120 fő megsérült. A balesetet a csatornarendszerben felgyülemlett gáz berobbanása okozta, aminek következtében nyolc kilométernyi utca és négy keresztutca 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. [9]

4.ábra: Robbanás következményei [9]

A veszélyes anyagok csapadékhálózatban való terjedés megakadályozására több műszaki megoldás is rendelkezésre áll. A legkorszerűbb és leghatékonyabb megoldás a zárt rendszer kialakítása, melyet egy közelmúltban létesült tároló hely példáján mutatunk be.

A kétrekeszes, térelválasztó fallal, kármentővel elválasztott tároló helyen 2 db 30 m^3 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. Konténer sérülése esetén a folyadék halmazállapotú veszélyes anyag a kialakított lejtésen az összefolyón keresztül a föld alatt lévő puffer tároló 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 tároló hely körül vízpajzsok kerültek fixen telepítésre, melyek összefüggő vízfalat képeznek. A kármentő alsó részébe födémáttöréseken keresztül esetleges baleset esetén a folyadék lefolyik. Ennek az átfolyási időtartama maximálisan 2 perc, vízszerű, vagy ahhoz hasonló viszkozitású és sűrűségű anyagoknál a számított átfolyási idő kevesebb, mint 120 másodperc. Az alsó aknarészben tárolódik ideiglenesen az elfolyt veszélyes folyadék, melynek a párolgását illetve az elpárolgott gázok levegőbe jutását nemcsak a műtárgy köré elhelyezett és képzett vízpajzs gátolja, hanem a szükséges minimális felülettel kialakított födémáttörések is. A vb. aknarészek

alján egy-egy zsomp található, amelybe egy szívócsonk nyúlik le, melyen 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 méret meghatározása során az éves átlagos csapadékmennyiség 30%-os biztonsági faktorral került figyelembe vételre. 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 m^3. 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 labor engedélyével 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 csatorna hálózatba.

A gyakorlatban elterjedt másik megoldási lehetőség a csatornahálózat kilépési pontjánál a kiszakaszolás biztosítása. A csatornakiszakaszolás végrehajtható fixen beépített elzárószerelvény vagy mobil eszköz – például csőelzáró párna – alkalmazásával.

5.ábra: Csőelzáró elhelyezése ipari aknában [10]

Összefoglalás

A nagymennyiségű 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.

Felhasznált irodalom

1. Robbanások és füst a Houston melletti vegyi üzemben http://index.hu/kulfold/2017/08/31/robbanasok_es_fust_a_houston_melletti_vegyi_uzemben/ (Letöltés ideje: 2017. október 19.)
2. 2011. évi CXXVIII. Törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról
3. A veszélyes anyagokat gyártó, felhasználó, tároló küszöbérték alatti üzemek tevékenységéből származó veszélyeztetettség meghatározásának metodikája, a kockázatcsökkentő intézkedések számszerűsítése, PhD értekezés, NKE 2014
4. Muhoray Á.: A katasztrófavédelem aktuális feladatai http://docplayer.hu/1719067-A-katasztrofavedelem-aktualis-feladatai-1.html (Letöltés: 2017. október 19.)
5. Cimer Zs. – Halász L.: A kémiai biztonsági jogszabályok változása, a CLP és a Seveso II. irányelv kapcsolata, Hadmérnök online folyóirat, V. Évfolyam 1. szám - 2010. március, pp. 87 – 98.
6. 219/2011. (X. 20.) Korm. Rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről
7. Szakál B., Cimer Zs., Kátai-Urbán L., Vass Gy.: Iparbiztonság II. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek következményei és kockázatai, Egyetemi Tankönyv, ISBN: 9786155445002, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., 2013.
8. Szakál B., Cimer Zs.: Problémák a robbanóanyagok tárolásából származó kockázatok elemzésében http://kvi.uni-nke.hu/uploads/media_items/szakal-cimer-palyazati-anyag.original.pdf (Letöltés: 2017. október 19.)
9. A guadalajarai gázrobbanás https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2008/szeptember/1292-a-guadalajarai-gazrobbanas (Letöltés: 2017. október 19.)
10. Csőelzáró párna https://www.airbag-dunnagebag.hu/termekek/vetter-parna/csoelzaro-parna/ (Letöltés: 2017. október 19.)

Szerkesztőbizottság

ELNÖK:
Dr. Bíró Tibor
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar

TAGOK:
Prof. Dr. Szöllősi-Nagy András
Nemzeti Közszolgálati Egyetem

Dr. Cimer Zsolt
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar

Dr. Mátrai Ildikó
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar

Mrekva László
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar

Dr. Szlávik Lajos
Magyar Hidrológiai Társaság

Dr. Váradi József
Országos Vízügyi Főigazgatóság, Tudományos Tanács

Gajer József
GWP Magyarország Alapítvány
Országos Vízügyi Főigazgatóság, Tudományos Tanács

Reich Gyula
Országos Vízügyi Főigazgatóság, Tudományos Tanács

Lektorálta: Dr. Bíró Tibor, Dr. Mátrai Ildikó, Dr. Váradi József, Dr. Szlávik Lajos