

CUM SCIENTIA PRO AQUIS HUNGARIAE

# Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia

Tanulmányok



Szerkesztette:  
BÍRÓ TIBOR

Dialóg Campus

# Tartalom

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

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

*Komárominé Kucsák Mónika*

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

### **Bevezetés**

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

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

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



1. ábra

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

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

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

## Zöldfelületek

A 253/1997. (XII. 20.) számú kormányrendelet az Országos Településrendezési és Építési Követelményekről (a továbbiakban: OTÉK) meghatározza, hogy mi a zöldfelület: „Telek zöldfelülete a teleknek a 25. § (1) bekezdése szerinti azon növényzettel borított területe (legkisebb zöldfelülete), ahol a termőtalaj és az eredeti altalaj, illetve a talajképző kőzet között nincs egyéb más réteg.” A rendelet 25. §-ában említett 5. számú melléklet lehetővé teszi a különböző termőréteg-vastagságú tetőkertek és a befuttatott homlokzatok bizonyos arányban való beszámítását, de teljes értékű, 100%-ban számítható zöldfelület csak a fenti meghatározású, aléépítetlen, közvetlen altalaji kapcsolattal rendelkező zöldfelület lehet. A beszámítás kritériuma a legalább 10 m<sup>2</sup> nagyságú egybefüggő tetőkert. Extenzív (8–20 cm szubsztráton lévő növényzet) tetőkert csak 15%-ban számítható be, ugyanakkor egy intenzív, minimum 80 cm termőréteg-vastagságú tetőkert 75%-a számítható be zöldfelületnek. A vízfelületek is beszámítanak a zöldfelület-számításba, amennyiben mesterséges vízfelületről van szó, de kialakult már annak vízi élővilága, szintén 75%-a számítható zöldfelületnek, míg egy természetes víztest (folyó, tó) egész területe annak számít [253/1997. (XII. 20.) kormányrendelet].

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

## A növekvő intenzitás és a vízkészletek megőrzése

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



2. ábra

*Legmagasabb csapadékösszegek évente – Budapest, 1998–2017*

*Forrás: a szerző szerkesztése*

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

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

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

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

## A vizsgált terület

Vác város domboldalon fekvő *Deákvár* elnevezésű része: alsó pontja egy vasúti átjáró 114 mBf-en, ahol többször okozott fennakadást a hirtelen lezúduló csapadék. A terület folyamatosan emelkedik, átlagosan 1,4%-os lejtéssel, mindez 1,93 km hosszan. A felső pont magassága 141,45 mBf. A felfelé vezető út kétsávos betonút, körülötte kertvárosias beépítésű terület hiányos csapadékvíz-elvezetéssel. A vizsgált városrész 1,77 km<sup>2</sup> területű.

### *Zöldfelület aránya a vizsgált területen*

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

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

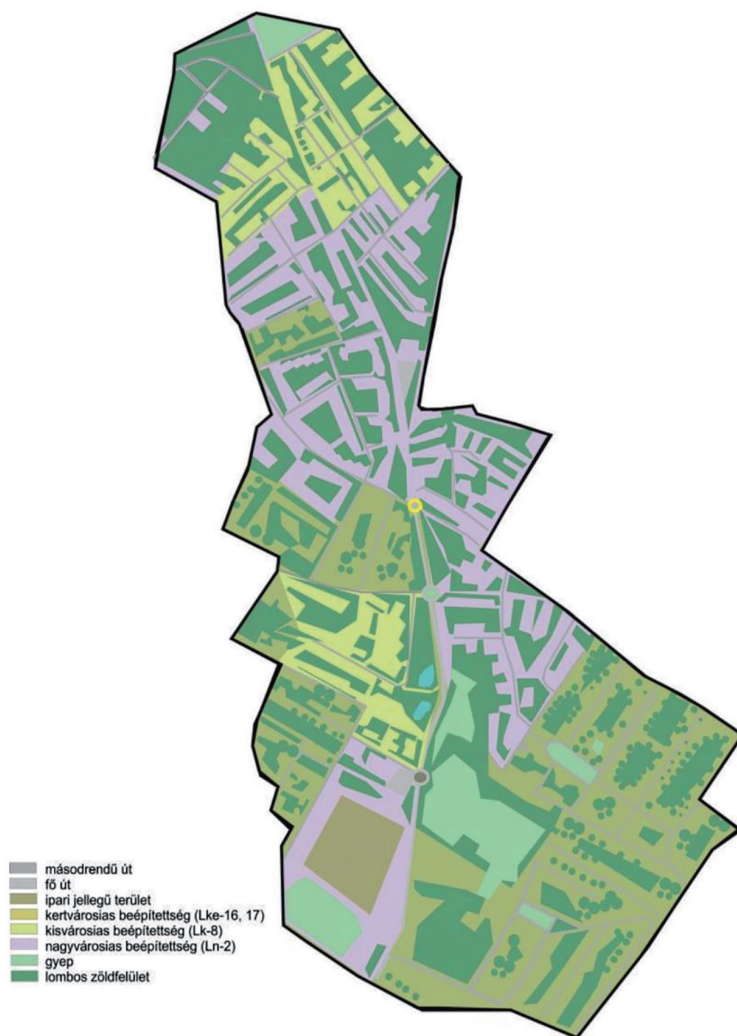
A város deákvári részének vizsgált területei nagyrészt a kertvárosias kategóriába (a továbbiakban: Lke) esnek, kisebb részük kisvárosias (a továbbiakban: Lk) beépíttségű, viszont a lakótelepek és környékük nagyvárosias beépíttségűnek (a továbbiakban: Ln) számítanak.

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

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

A jelenlegi zöldfelület aránya a vizsgált területen, térképi számítások alapján: 65%, ami 1,15 km<sup>2</sup>. Ebbe a zöldfelületbe nem tartozik tetőkert, zöldfal, zöldtető. Tovább emeli a zöldfelület-borítás mértékét a két mesterséges víztározó, amelyek felszínének 70%-a adódik hozzá ehhez az értékhez. A víztározók (helyi szóhasználatban vízfogók) 1760 m<sup>2</sup> és 635 m<sup>2</sup> vízfelülettel rendelkeznek, ennek 70%-a 1676,5 m<sup>2</sup>. A jelenlegi felmért helyzet alapján a víztározók nem működnek rendeltetésszerűen, azaz nincsenek üzemeltetve megfelelően. A mért adatok alapján a tavak a jelenlegi feliszapolódott állapotban 4,3 m mélyek, 45 fokos rézsú a mederfaluk, és a vízfelszín területe 635 m<sup>2</sup> és 1760 m<sup>2</sup>. A felső tó körülbelül 30 m széles és 1760 m<sup>2</sup> területű, míg az alsó 27 m széles és körülbelül 635 m<sup>2</sup> területű, a meder érdessége 0,08, mivel bokrokkal, nádassal, gyomokkal és fákkal benőtt terület. A felső talajréteget, amely a feliszapolódott vastagság, 1 m vastagnak feltételeztem. A szikkasztásra képes talaj vastagsága szintén 1 m. A felső tó maximális térfogata körülbelül 7020 m<sup>3</sup>, míg az alsó tározó 2144,12 m<sup>3</sup> víz befogadására képes. A nem megfelelő karbantartás és mederkostrás elmaradása miatt a mederfenék feliszapolódott, ami miatt a tározók befogadóképessége körülbelül 15%-kal csökkent. Így a felső tó jelenlegi befogadóképessége 6028,33 m<sup>3</sup>, az alsó tóé pedig körülbelül 1901,18 m<sup>3</sup>. A karbantartás után a tározók 1200 m<sup>3</sup>-rel több víz tározására lennének alkalmasak, ezzel is csökkentve a lefolyó víz mennyiségét.





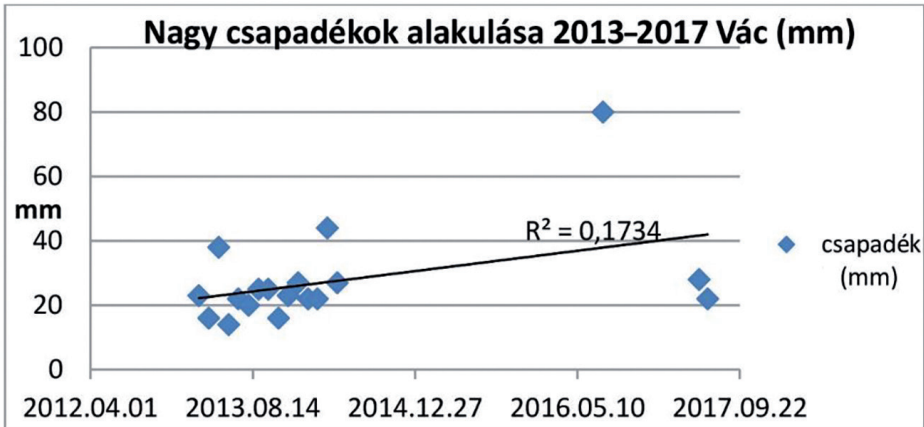
3. ábra

Vác város Deákvar nevű részének zöldfelületaránya

Forrás: a szerző szerkesztése

### Csapadék jellemzőinek alakulása a vizsgált területen

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

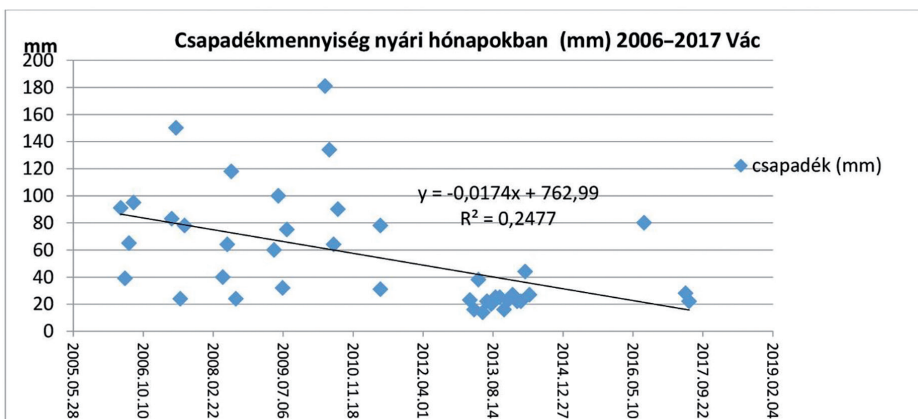


4. ábra

Nagy csapadékok alakulása Vácott, 2013–2017

Forrás: a szerző szerkesztése

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



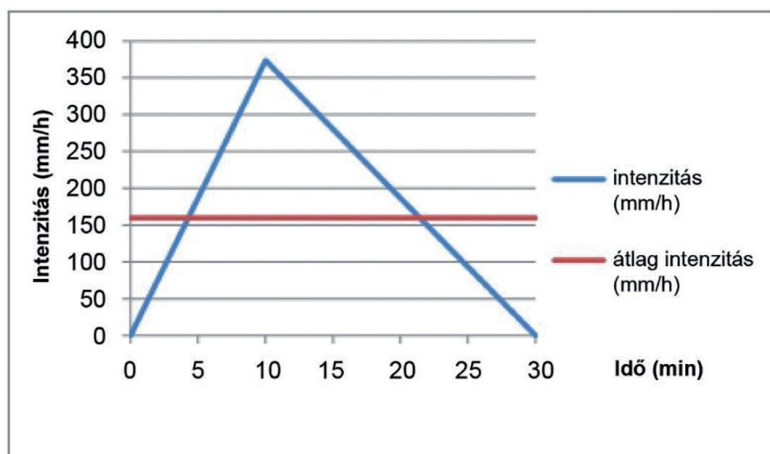
5. ábra

Nyári csapadékmennyiség Vácott, 2006–2017

Forrás: a szerző szerkesztése

### Csapadékinintenzitás a vizsgált időszakban

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



6. ábra

Csapadékinintenzitás a vizsgált időszakban

Forrás: a szerző szerkesztése

### A meglévő csapadékvíz-elvezető rendszer viselkedése a vizsgált időszakban

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

*A meglévő csapadékvíz-elvezető rendszer viselkedése csendes eső esetén*

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

*A meglévő csapadékvíz-elvezető rendszer viselkedése átlagos intenzitású csapadék esetén*

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

## **A zöldfelület növelésének lehetséges módjai**

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

### *Zöldtetők*

Zöldfelület növelésére a legalkalmasabb, de nem a leghatékonyabb módszer a zöldtetők építése. A vizsgált városrészen is több négyemeletes (nem panel) lakótömb található, ami potenciális terület lehet a zöldtetők kialakítására. Ezzel a tetőkre kerülő csapadékvizek jelentős hányada nem a csatornába kerülne elvezetésre. Zöldtető alkalmazható a lakóparkos, lakótelepes területeken, hiszen itt jelentős lapostetős felületek vannak, amelyekről a ráhullott csapadékvíz csaknem teljes egésze a csatornába kerül. A zöldtető a városi zöldfelület arányába a számolt zöldtetőterület 10%-ának figyelembevételével számít be, vagyis a 17 500 m<sup>2</sup> zöldtető 1750 m<sup>2</sup> zöldfelületként jelenne meg. Ezzel a nagyvárosias beépítettségű területek (50 943,3 m<sup>2</sup>) zöldfelületének aránya 28 750 m<sup>2</sup>-re emelkedne,

a jelenlegi 53%-os beépítettséghez, azaz a 26 999, 949 m<sup>2</sup> zöldfelülethez képest. A zöldtetők megépítésével a lefolyás aránya csökkenthető; ami a konkrét példa alapján a következőképpen alakul:

1. táblázat  
Beépítettségi területek zöldfelületaránya

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

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A lefolyási tényező a következő képlet alapján számítható:

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

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

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

$\Sigma A$  a teljes terület nagysága, jelen esetben 1 ha

Az így kapott lefolyási tényezők a következők:

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

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

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

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

### *Esőkertek létrehozása*

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

### *A meglévő rendszer maximális kihasználása*

#### Az árkok karbantartása

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

#### Vízkezelés

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

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

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

## Összefoglalás

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



enyhítési lehetőségeket. A vizsgálat alapját a 2016. július 28-án bekövetkezett villámárvíz (nagy, 80 mm csapadékmennyiség) hatására kialakult probléma képezte. Az 1 óra alatt leesett csapadékmennyiség majdnem elérte a július havi átlag-csapadékmennyiség mértékét, ami 98 mm. A vizsgálat során kiderült legfontosabb eredmény, hogy a város deákvári része, annak ellenére, hogy lejtős területen fekszik, nagy csapadékvíz elvezetésére is képes lenne megfelelő csapadékhálózat-üzemeltetéssel és vízkormányzással, valamint zöldfelületek kialakításával, leginkább zöldtetők kiépítésével. A vizsgálatban az ehhez alkalmas lakóházak tetőfelületi nagyságának 10%-a 1750 m<sup>2</sup> lenne. Ez a zöldfelület-növekedés a lefolyást két értékkel alacsonyabb lefolyási tényezőre konvertálná, azaz  $L_n$  esetén  $\psi_1 = 0,60$  érték 0,41 lenne, amit az SWMM-szimuláció is alátámaszt. További, alaposabb vizsgálatok szükségesek a zöldtetős rendszerek kialakításához, ami már inkább építészmérnöki tevékenység. A vizsgálatban vázolt koncepció alapot adhat egy jövőbeni fenntarthatóbb csapadékvíz-gazdálkodáshoz.

## Irodalomjegyzék

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

## Rendeletek

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



Vákát oldal

## A tanulmánykötet szerzői

- Ámon Gergely:** okleveles építőmérnök, hidroinformatikai és vízgazdálkodási szakmérnök, vízépítési tervező, vízrendezési, hidraulikai és víziközmű-szakértő, TURA-Terv Mérnökiroda Kft.
- Balatonyi László:** árvízvédelmi osztályvezető, Országos Vízügyi Főigazgatóság; adjunktus, NKE Víztudományi Kar Vízépítési és Vízgazdálkodási Intézet.
- Bardóczyné Székely Emőke:** egyetemi docens, SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Természetvédelmi és Tájgazdálkodási intézet Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék.
- Békési István:** a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság munkatársa.
- Cimer Zsolt:** egyetemi docens, oktatási dékánhelyettes, NKE Víztudományi Kar.
- Czigány Szabolcs:** habilitált egyetemi docens, tanszékvezető, PTE Természetudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék.
- Domján Anita:** intézeti technikus, PTE Természetudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet.
- Dulovics Dezsőné:** professor emerita, SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar.
- Fehér János:** a DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet munkatársa.
- Gerőfi-Gerhardt András:** a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. munkatársa.
- Goda Zoltán:** kutatási főreferens, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.
- Hábermayer Tamás:** tűzoltó ezredes, megyei igazgatóhelyettes, Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság.
- Hajtó Ödön:** okleveles mérnök.
- Hancz Gabriella:** egyetemi docens, DE Műszaki Kar Építőmérnöki Tanszék.
- Hoffmann Imre:** közfoglalkoztatási és vízügyi helyettes államtitkár.
- Hoffmann Lilla:** az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársa.
- Horányiné Csiszár Gabriella:** ivóvíz-gazdálkodási részlegvezető, MIVÍZ Miskolci Vízmű Kft.
- Ilyés Csaba:** tudományos segédmunkatárs, ME Műszaki Földtudományi Kar Környezetgazdálkodási Intézet, MTA–ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport.
- Istók Balázs:** adjunktus, BME Áramlástan Tanszék.
- Jackovics Péter:** tűzoltó ezredes, a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Országos Polgári Védelmi Főfelügyelőség Veszélyhelyzet-kezelési Főosztály főosztályvezetője, a HUNOR Mentőszervezet parancsnoka.
- Karches Tamás:** főiskolai docens, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.
- Király Lajos:** a ZOLTEK Zrt. munkatársa.
- Komárominé Kucsák Mónika:** egyetemi adjunktus, SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar Építőmérnöki Intézet.
- Kozák Péter:** okleveles mérnök, vízgyűjtőfejlesztési osztályvezető, Alsó-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság.
- Kuti Rajmund:** egyetemi docens, SZIE Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar.
- Lakatos Mónika:** az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársa.
- Lénárt László:** c. egyetemi tanár, ME Műszaki Földtudományi Kar Környezetgazdálkodási Intézet.
- Lengyel Róbert:** oktató, BME.

**Makay Gábor:** osztályvezető, Országos Vízügyi Főigazgatóság.

**Mátrai Ildikó:** főiskolai tanár, intézetvezető, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

**Mrekva László:** mérnök tanár, NKE Víztudományi Kar Vízépítési és Vízgazdálkodási Intézet; ügyvezető igazgató, Bajavíz Kft.

**Nagy Attila:** adjunktus, DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet.

**Nagy Gábor:** tudományos segédmunkatárs, PTE Természettudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet.

**Orgoványi Péter:** mérnök, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

**Puskás Tibor:** hidrogeológus, TETTYE Forrásház Zrt.

**Rác Tibor:** osztályvezető, Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.

**Riczu Péter:** tudományos segédmunkatárs, DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet.

**Ronczyk Levente:** adjunktus, PTE Természettudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet Térképészeti és Geoinformatikai Tanszék.

**Salamon Endre:** egyetemi tanársegéd, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

**Sólyom Péter:** a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság munkatársa.

**Szűcs Péter:** dékán, egyetemi tanár, az MTA doktora, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar Környezetgazdálkodási Intézet, MTA–ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport.

**Takács Krisztina:** PhD-hallgató, NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola.

**Tamás János:** egyetemi tanár, DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar.

**Tóth László:** gazdasági főigazgató-helyettes, Országos Vízügyi Főigazgatóság; adjunktus, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

**Török László:** főiskolai docens, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

**Turai Endre:** intézetigazgató, habilitált egyetemi docens, ME Műszaki Földtudományi Kar Geofizikai és Térinformatikai Intézet.

**Üszögh Lajos:** külkapcsolati tanácsadó, MIVÍZ Miskolci Vízmű Kft.

**Vadkerti Edit:** egyetemi docens, intézetvezető-helyettes, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.