ESŐVÍZGYŰJTŐ TÁROLÓ ÚJSZERŰ MÉRETEZÉSI MÓDSZERE AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSÁNAK FIGYELEMBE VÉTELÉVEL

A 2017. ÉVI JUNIOR SZIMPÓZIUM 2017. ÉVI IV. HELYEZETT ELŐADÁSA

VARGA LAURA

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM,
VÍZI KÖZMŰ ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI TANSZÉK

1. BEVEZETÉS

1.1. Települési csapadékvíz-gazdálkodás, mint a fenntarthatóság egyik alappillére

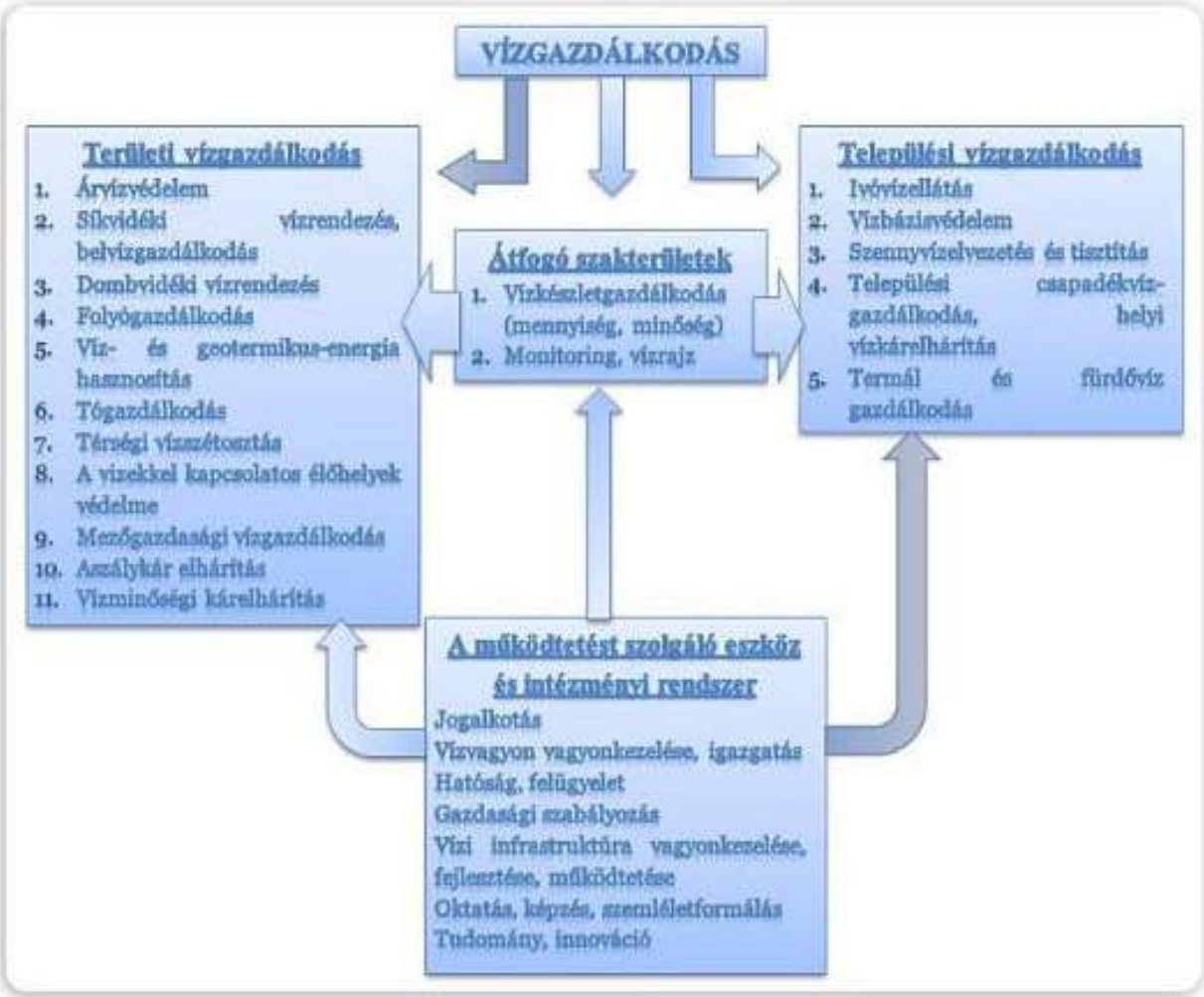
Az egyik legértékesebb természeti erőforrásunk a víz. A 21. század legjelentősebb problémái közé sorolható a vízhiány, amely már jelenleg is rengeteg helyen veszélyezteti emberek millióinak-milliárdjainak életét. Az előrejelzések nem túlzottan bíztatóak, a World Resources Institute kutatása alapján 2040-re a súlyos és extrém súlyos vízhiány már Európa egyes országaiba is begyűrűzik.

Világszinten eltérő tendenciákat figyelhetünk meg. Az éghajlatváltozás következtében bizonyos területek szárazabbá válnak, míg sok helyen a nagymennyiségű víz fog gondot okozni. Az aszályok és áradások következtében egyre szélsőségesebb körülményekhez kell alkalmazkodnunk.

Az ENSZ által a nemzetközi fejlesztési együttműködést elősegítésére 2015-ben elfogadott Fenntartható Fejlődési Célok programjában a víz kiemelt szerepet kapott. A „Tiszta víz és alapvető köztisztaság" fenntartható fejlődési célhoz kapcsolódóan a 6. pontban (Hírcsatorna 2016. március-április) megjelenik a fenntartható vízgazdálkodás elképzelése. 2030-ra biztosítani kell mindenki számára a biztonságos és megfizethető ivóvízhez való hozzájutást, továbbá a vízhasználat hatékonyságának növelése és az integrált vízkészlet-gazdálkodás bevezetése a cél. Emellett védeni kell vizeinket, vízbázisainkat a szennyezőanyagok kibocsátásának szabályozásával.

A települési vízgazdálkodás területe egyre nagyobb kihívásokkal szembesül a változó környezeti tényezők következtében. A jelenlegi rendszerek legfőbb problémája, hogy rugalmatlanok a változásokkal szemben, és nem követik a korszerű megoldásokat. Ezért fontos, hogy új szemléletmódot alakítsunk ki a tervezéssel és az üzemeltetéssel kapcsolatban, melyet a megfelelő gazdasági, jogszabályi, információs és tudományos háttér megteremtésével kell megalapoznunk.

A Fenntartható Fejlődési Célokkal összhangban készült el a KJT (Nemzeti Vízstratégia – Kvassay Jenő terv, 2017), a magyarországi vízgazdálkodás 2030-ig terjedő stratégiája és 2020-ig terjedő középtávú intézkedési terve. Ebben már szerepel a települési csapadékvíz-gazdálkodás, mint célkitűzés **(1. ábra).**



1. ábra: *A Nemzeti Vízstratégia alapcélkitűzései (forrás: Nemzeti Vízstratégia – Kvassay Jenő terv, 2017)*

A csapadékvízzel való gazdálkodás szerepe egyre fontosabbá válik a fenntartható vízgazdálkodás szempontjából. A településekre lehulló csapadékvízre eddig haszontalan károkozóként tekintettünk, és a minél gyorsabb vízelvezetési gyakorlat érvényesült. Ez hibás szemléletmód, hiszen a csapadékvíz értékes, megújuló természeti erőforrás, melyet korszerű módszerekkel hasznunkra fordíthatunk károkozás nélkül. A települési csapadékvíz-gazdálkodás a hasznosításra és a hasznosulás (azaz a talajvízbe való beszivárgás) elősegítésére fekteti a hangsúlyt. Az ezeket támogató technikák mérsékelhetik az éghajlatváltozás következtében fellépő negatív hatásokat is.

1.2. Az éghajlatváltozás vízgazdálkodási következményei

Az éghajlatváltozás következményeként az extrém időjárási események gyakoriságának növekedése várható Magyarországon. Az újabb melegrekordok megdőlése mellett egyre hosszabb száraz időszakokhoz kell nagy valószínűséggel alkalmazkodnunk. A nyári napi csapadékintenzitás növekvő tendenciát mutat. A nyári, esetleg késő őszi árvizeket a néhány napos intenzív csapadékok okozzák, tehát elképzelhető, hogy további rekord vízállások fognak kialakulni. Az extrém csapadékos napok számának növekedésének következtében a kisvízfolyások melletti településeken egyre nagyobb károkat okozó villámárvizek (flash floods) gyakorisága várhatóan emelkedni fog. A csapadékvíz-elvezető hálózatok túlterhelődése fokozódik.

Az éghajlat szárazabbá válása következtében csökkenhetnek a felszín alatti vízkészletek, így a talaj vízellátottsága is, amely szoros kapcsolatban áll a kisvízfolyások és tavak vízhozamával. Nagyvárosokban súlyosbítja a helyzetet, hogy a burkolt felületek és az intenzív csapadékok még kevesebb beszivárogtatást tesznek lehetővé, a vízgyűjtők lefolyását azonban fokozzák. Míg az éghajlatváltozás következtében csökkenhet a hasznosítható vízkészlet mennyisége, addig a vízigények növekedése várható (Dulovics, D. et Dulovics Dné, 2008; Somlyódy et al. 2010; Nováky, 2011; Buzás, 2015).

1.3. LID lefolyásszabályozó technikák

A nemzetközi irodalomban egyszerűen csak LID (Low Impact Development = Mérsékelt beavatkozással járó) kontrolloknak nevezett megoldások alkalmazásával érhetjük el a települési csapadékvíz-gazdálkodás által kitűzött célokat. Ezen technikák a lefolyást és a szennyezőanyagot a keletkezés helyén szabályozzák, ezúton csökkentve a vízelvezető-rendszerek terhelését. A vízgyűjtőn történő beavatkozásokkal elősegíthetjük a talajba történő beszivárgást, továbbá mérsékelhetjük, vagy akár teljes mértékben visszatarthatjuk a területről lefolyó csapadékmennyiséget. A zöldfelületek növelésével és a víz levonulásának késleltetésével a területi párolgás mértékét is fokozhatjuk, amely kedvező a városi mikroklíma szempontjából.

A leggyakrabban alkalmazott LID technikák **(2. ábra):**

- vízáteresztő burkolatok;
- bioretenciós cellák, esőkertek;
- szivárogtató árkok;
- zöldtetők;
- csapadékvíztárolók.

Az egyik legelterjedtebb megoldás a burkolt felületekhez kapcsolt esővízgyűjtő tároló. Telepítése kis beavatkozással jár, és mind lokálisan, mind rendszerszinten jelentős pozitív hatással számolhatunk alkalmazásával.

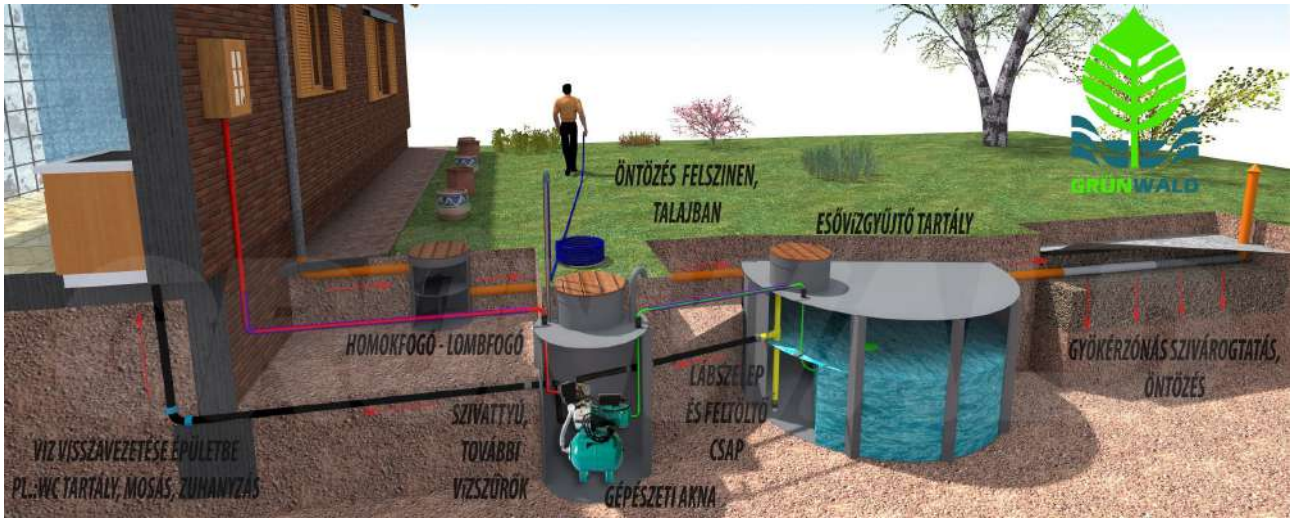
2. ábra: *LID lefolyásszabályozó technikák és hatásmechanizmusaik (forrás: http://uacdc.uark.edu)*

2. ESŐVÍZGYŰJTŐ RENDSZEREK MÉRETEZÉSE

2.1. Esővízgyűjtő rendszerek kialakítása

A legegyszerűbb esővízgyűjtő rendszer (Dulovicsné, 2003; Asztalos, 2011) a következő elemekből épül fel: a vízgyűjtőterület (amely lehet tető- vagy egyéb burkoltfelület), a tároló, és a kettőt összekötő csatorna. Attól függően, hogy a tároló telepítésével milyen célt akarunk elérni, illetve hogy a betárolt vizet mire akarjuk felhasználni, kiegészítő elemek alkalmazására lehet szükség **(3. ábra).**

A csapadékvíz a kihullás helyétől függően kisebb vagy jelentősebb mértékben szennyezett. A csapadékvízben többféle szennyezőanyag lehet: szilárd hordalékok, biológiailag bontható szerves anyagok, nehézfémek, olajok, zsiradékok, egyéb szerves mikroszennyezők, patogének, sók, és városi hulladékok. Mivel a tetőről származó csapadék kevésbé szennyezett, mint az egyéb burkolt felületekről származó vizek (Dulovicsné et Csapák, 2017), így ennek többféle háztartási célú felhasználása lehetséges. Leggyakrabban öntözésre használják a betárolt vizet, de szóba jöhet még az illemhelyek öblítése és a mosás is. Extrém vízhiányos területeken akár ivóvíz is előállítható belőle tisztítási technológia beépítése után. Bizonyos esetekben a tárolóknak csak vízvisszatartó és árhullám késleltető szerepe van, ezáltal csökkenthető a vízelvezető-hálózatok hidraulikai terhelése, és a telekre való kivezetéssel növelhető a területen beszivárogatott víz mennyisége.



3. ábra: *Esővízgyűjtő rendszer lehetséges kialakítása (forrás: tartalyhaz.hu)*

Különböző tároló kialakításokkal találkozhatunk az eltérő célok és helyi adottságok függvényében. Léteznek felszíni és felszín alatti tárolók, vízzáró és szikkasztó kialakítások. A legegyszerűbb esetekben a tárolóból való kifolyás egy kis csapon, illetve túlfolyón keresztül történik, míg a komplexebb rendszereknél szivattyúkat alkalmazunk a víz leürítésére. A hagyományos megoldások mellett az intelligens esővíztárolók elterjedése is várható. Ezen megoldások keretében a vízszint szabályozása vízszintmérés alapján történik.

2.2. Esővízgyűjtő tárolók méretezése

A csapadékvízgyűjtők méretezése általában igen egyszerű megközelítésen alapul. A hazai tároló-forgalmazók honlapján közzétett számítások az éves lehulló és a különböző célokra felhasznált csapadékmennyiségeket veszik csak figyelembe. Ezek a módszerek nem képesek a tárolók valós viselkedésének leírására. A tárolókban történő vízszintváltozás, és ezáltal a ténylegesen kialakuló térfogatok csak az adott területen mért hosszú, finom időbeli felbontású csapadékösszeg-idősorokból képezhetőek le.

Az önkormányzatok településszintű csapadékvíz-gazdálkodási stratégiájának megalapozásához a vízépítő mérnökök szakmai támogatására van szükség. Komplex, tudományos alapokon nyugvó, de egyszerűen alkalmazható tervezési segédletek kidolgozása a cél.

Az esővízgyűjtő tárolók térfogatszámításának alapja a hozzájuk kapcsolt burkolt felületek – leggyakrabban tetők – nagysága lehet. Egy ilyen méretezési módszer legfontosabb bemeneti adata a tárolandó (visszatartandó) csapadékmennyiség. A tároló vízmennyiség változásának leírásához az adott területen mért hosszú, finom felbontású csapadékösszeg-idősorokra van szükség. Ezeknek beszerzése jelenleg komoly anyagi költséggel jár, de remélhetőleg a jövőben ezek szabadon hozzáférhető, nyilvános adatok lesznek.

2.3. Újszerű tetővíztároló méretezési módszer

Az alábbiakban ismertetett méretezési módszer adott tetőfelület nagyság függvényében határozza meg a „szükséges" tároló-térfogatot. A számítás legfontosabb bemeneti adatai közé tartozik az adott területen mért hosszú, összefüggő, finom időbeli felbontású csapadékösszeg-idősor és különböző regionális klímamodellek szimulációi. Ezáltal ez a módszer képes figyelembe venni a lokális csapadékjellemzőket és a jövőben várható változásokat is. Stratégiai döntés és helyi adottságok függvényében megszabjuk a felületről visszatartandó és elszivárogtatható vízmennyiséget, melyek alapján már kiszámítható a keresett tároló-térfogat nagyság adott visszatérési időhöz. Az eredmények függvényes ábrázolása – ahogy a csapadékmaximum-függvényeknél is – elősegíti az egyszerű felhasználást és az átláthatóságot a tervezők és a döntéshozók számára.

2.3.1. Bemeneti csapadékadat

A regionális klímamodellek napi felbontású csapadékösszeg-idősorai nem hasznosíthatóak a települési csapadékvíz-gazdálkodás műszaki tervezési gyakorlatában. Tárolóméretezési feladatokhoz legalább órás léptékű csapadékadatok szükségesek. Ahhoz, hogy az éghajlatváltozás hatásait is számításba vehessük a méretezés során, szükség van a jövőt illető projekciókra, ezért matematikai alapon, a klímamodellek napi becsléseiből kell létrehoznunk ezeket.

Számos tudományterületen végzett munka során hosszú és megszakítás nélküli adatsorokra van szükség, viszont a meteorológiai változók mérései gyakran rövidek, hiányosak és a térbeli lefedésük sem kielégítő. E probléma megoldására fejlesztették ki az ún. *időjárás generátor programokat* (weather generators), melyek konzisztens, hiánytalan idősorokat szolgáltatnak – a jelenre és a jövőre egyaránt – a különböző gyakorlati célok elvégzéséhez (például a hidrológiai modellek inputjának megadásához, az árvízkockázat- és a vízkészlet elemzéséhez és a mért idősorok hiányzó adatainak pótlásához) (Wilks et Wilby, 1999; Fatichi et Capoli, 2011). A jövőre vonatkozó órás csapadékösszeg-idősorokat a Neyman-Scott-féle téglalap-impulzus (NSRP) csapadék-szimulációs módszerrel hoztuk létre (Cowpertwait, 1999, 2004; Cowpertwait et al., 2002). Az idősorok generálásához az adott területen mért csapadékösszeg-idősor és az ide vonatkozó regionális klímamodell előrejelzések szolgáltak bemeneti adatként.

A tároló-térfogatok meghatározását Budapest esetén végeztük el, a 2041-2059-es időtávlat vizsgálatával.

Az idősorok létrehozásának első lépéseként meghatároztuk az 1996-2014 közötti időszakra rendelkezésünkre álló mért, órás csapadékösszeg-idősor statisztikai jellemzőit, minden hónapra külön-külön, és az egyes hónapokon belül különböző aggregációs időegységeket vizsgálva. A vizsgált statisztikai jellemzők:

- *aggregációs időegység:* a vizsgálatunk során ezekre az időegységekre számítottuk ki a különböző statisztikai jellemzőket az egyes hónapokon belül → 1 óra, 3 óra, 6 óra, 12 óra, 1 nap és 3 nap.
- *átlag*
- *aukorreláció (1 lépéses):* az egyazon idősor 1 időlépéssel eltolt adatai közötti korreláció.
- *ferdeség:* az eloszlás középérték körüli aszimmetriájának mértéke. A ferdeség a harmadik centrális momentum és a szórás köbének hányadosaként számítható.
- *variancia (szórásnégyzet):* megmutatja, hogy egy valószínűségi változó milyen mértékben szóródik a várható értéktől (középértéktől).
- *p(wet):* annak a valószínűsége, hogy nem nulla az adott időpont csapadékösszege.
- *p(wet-wet):* annak a valószínűsége, hogy egy nem nulla csapadékösszegű időpontot szintén nem nulla csapadékösszegű időpont követ.

A jövőbeni órás csapadékösszeg-idősorok generálásához szükségünk volt – az észlelt adatok mellett – különböző regionális klímamodellek napi csapadék szimulációira is. Ezeket az ENSEMBLES projekt keretében előállított klímamodell-futtatások eredményeiből szereztük be. A kiválasztott nyolc darab regionális klímamodell horizontális felbontása 25 km, a figyelembe vett kibocsátási forgatókönyv pedig mindegyik esetén A1B jelű. Az alkalmazott regionális klímamodell-globális cirkulációs modell-párosításokat az **1. táblázat** foglalja össze. A szimulációs időszakok az egyes modellek esetén: 1951-2100 (150 év), kivétel a SMHIRCA-BCM típus, amely 1961-2100 között végzett előrejelzést.

Az egyes regionális klímamodellek esetén kiszámoltuk a mért adatsorral megegyező időszakra (1996-2014), illetve a távlati 2041-2059 közötti időszakra a szimulált csapadékösszeg-idősorok ugyanazon statisztikai jellemzőit havi bontásban. Mivel a modelleredmények csak napi adatokat tartalmaznak, ezért a számítást is csak a napi aggregációs időegységre végeztük el.

Ezután a jelen időszakra rendelkezésünkre álló észlelt idősor statisztikai jellemzőit a klímamodellek alapján a két időszak között meghatározott relatív változás nagyságával módosítottuk, és az egyes hónapokon belül az összes aggregációs időegységre ugyanakkora változást

REGIONÁLIS KLÍMAMODELL (RCM)	VEZÉRLŐ GCM	FEJLESZTŐ INTÉZET
Aladin	ARPEGE	CNRM – Centre National de Recherches Météorologiques (FRA)
HadRM3QO	HadCM3Q0	METO-HC – Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research (GBR)
RACMO2	ECHAM5-r3	KNMI – Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (NED)
RCA	BCM	SMHI – Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SWE)
RCA	ECHAM5-r3	SMHI – Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SWE)
RCA	HadCM3Q3	SMHI – Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SWE)
REGCM3	ECHAM5-r3	ICTP – The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ITA)
REMO	ECHAM5	MPI-M – Max-Planck-Institut für Meteorologie (GER)

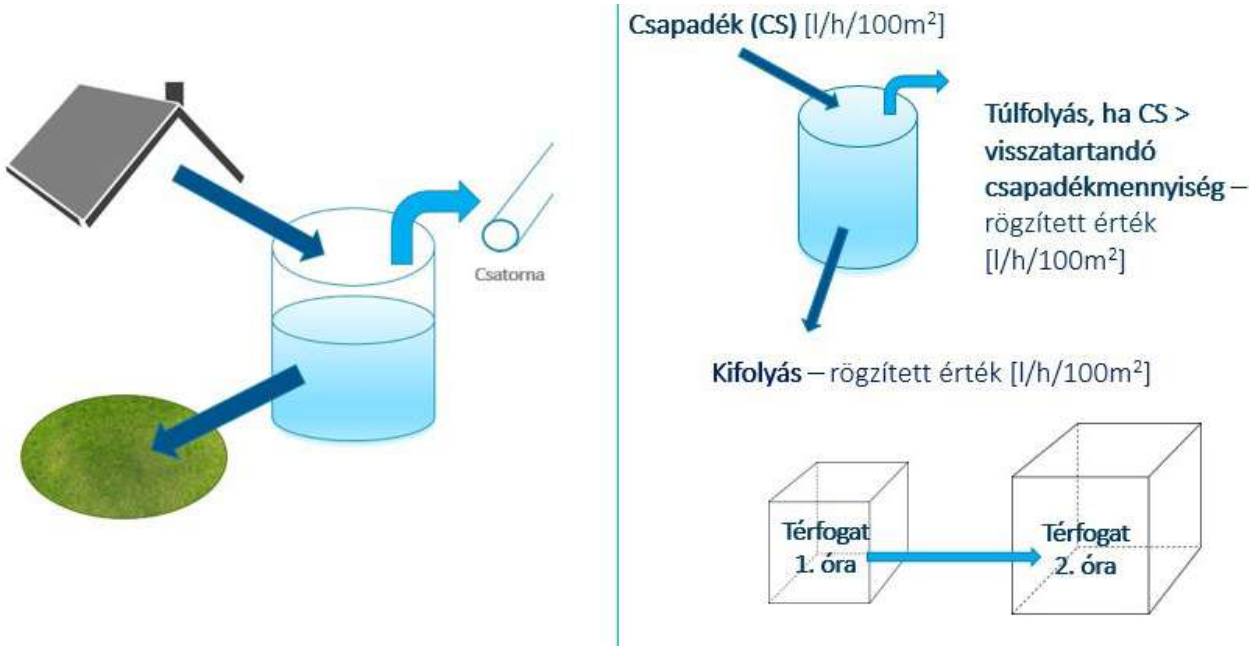
1. táblázat: *Alkalmazott globális- és regionális klímamodell párosítások*

feltételezünk. Az így kapott, „jövőbeli állapotra módosított" statisztikai készlet adja a csapadékgenerátor bemeneti/betanító adatkészletét. A generálás során olyan óra felbontású csapadékösszeg-idősorok előállítása a célunk, melynek statisztikai jellemzői a lehető legpontosabban megközelítik a modell betanításához felhasznált, a mért idősorok relatív változással módosított 2041-2059 közötti időszakra számított statisztikai jellemzőinek értékeit. Az NSRP modell parametrizálása során a megadott célfüggvény minimalizálása a cél, ehhez a paramétereket úgy kell beállítani, hogy az NSRP modell egyenleteiből számított statisztikai jellemzők, illetve a mért adatsorból és a regionális klímamodellek eredményeiből származtatott statisztikai jellemzők eltérése minél kisebb legyen. A modell paramétereinek meghatározását követően tetszőleges számú mesterséges idősort állíthatunk elő.

2.3.2. A tároló térfogatának számítása

A számítás alapját egy olyan idealizált tároló képezi, amelyhez egy képzeletbeli kifolyócsövet és túlfolyót kapcsoltunk (**4. ábra**). Ez az egyik leggyakoribb esővízgyűjtő-rendszer kialakítás, ezért ezt vizsgáltuk. Természetesen a számítás a tervezett megoldás függvényében átalakítható. A tárolótérforgatok meghatározását egy 100 m^2-es tetőfelületre csináltuk végig (más tetőméret esetén az eredmények arányosítva számíthatóak át).

A rendszerben meghatározzuk adott időlépésenként a lehulló csapadékból maximálisan visszatartandó mennyiséget (itt: 15, 20 és 25 mm/h, azaz l/ tetőfelület m^2/h) és a kifolyón távozó, elszikkasztandó vízmennyiséget (itt: 1, 3, 7 és 10 mm/h – talajviszonyok függvényében). Ezen értékek konkrét megválasztása

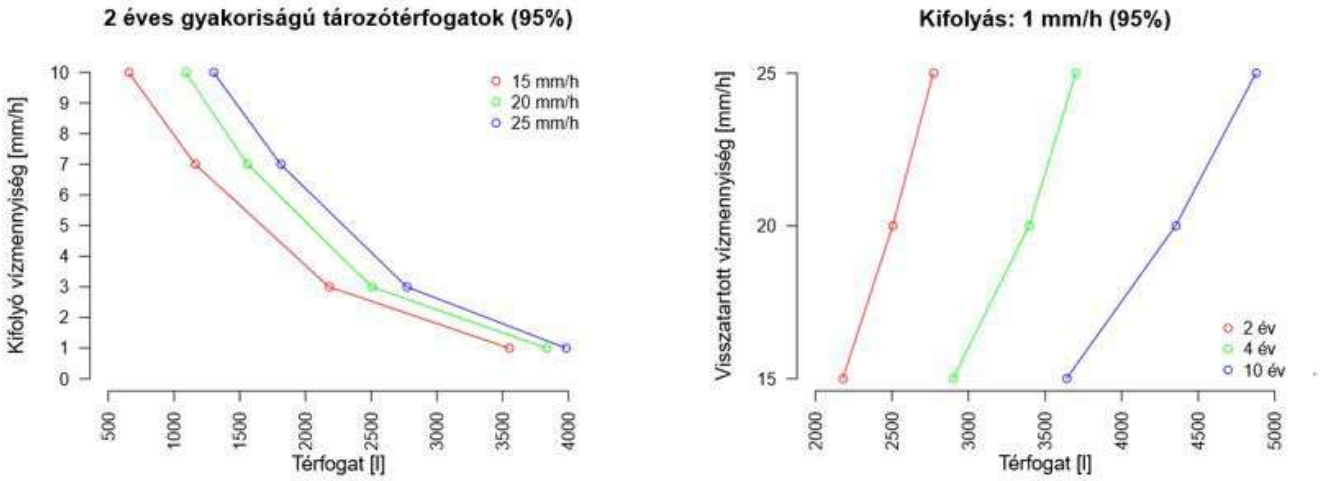


4. ábra: *A tárolóméretezési módszer egyszerűsített sémája*

a helyi döntéshozók és a tervezők közös feladata, mely a települési csapadékvíz-gazdálkodási startégiájuk alapját képezi. A megadott tárolandó csapadékmennyiség felett a többlet távozik a rendszerből a túlfolyón keresztül. A számolt tároló-térfogat dinamikusan változik időlépésenként, és így órás bontású "tároló idősorokat" kapunk eredményként. Egy adott időlépésben a térfogat:

V [m³]= a tárolóban maradó víz a megelőző óra végén + a tetőről visszatartandó vízmennyiség – túlfolyón távozó vízmennyiség

Klímamodellenként 20, azaz összesen 160 idősorra végeztük el a tárolóméretek számítását. Minden idősor esetén, minden évben leválasztottuk a maximális órai tárolóértékeket, és ezekre extrémérték eloszlást illesztettünk. Az így kapott görbékből meghatároztuk a 2, 4, 10 és 20 év visszatérési időnként jelentkező tárolóméreteket az egyes elszivárogtatott vízmennyiségek függvényében. A 160 darab generált görbéből 160 különböző térfogat értéket kaptunk minden visszatérési időhöz. Ezeknek az eloszlását véve alapul mértékadó tervezési értékként a 95%-os valószínűséghez tartozó értéket feltételeztük. Az eredmények könnyen áttekinthető függvényeken ábrázolhatóak (**5. ábra**).



5. ábra: *Tárolótérfogat idősorok ábrázolási lehetőségei*

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A csapadékvíz-elvezető rendszerek hagyományos tervezési módszereinek megújítása időszerű és szükséges feladat. Az új szemléletű tervezés a vízgyűjtőt már nem megváltoztathatatlan területi adottságnak tekinti. Kutatások bizonyítják, hogy a vízgyűjtőn rendszerszinten alkalmazott LID (Low Impact Development = Mérsékelt beavatkozást igénylő) lefolyásszabályozó technikák a városi hidrológiai ciklusra és a csatornahálózatok működésére is pozitív hatást gyakorolhatnak.

A vízvisszatartás és a beszivárgás elősegítésével növelhető a városi környezetben csökkenő talajvízszint, ezáltal a növényzet vízellátottsága javítható. Ennek következményeként kevesebb vezetékes ivóvizet kell felhasználnunk öntözésre. Tárolóterek létrehozásával a száraz periódusok során fellépő vízhiány is jobban kezelhető. A városi vízgyűjtők átalakításával, mint például a szivárogtató, párologtató felületek növelésével, a városi mikroklíma élhetőbbé tétele érhető el. A LID lefolyásszabályozó eszközök a csatornahálózat hidraulikai terhelését mérsékelhetik, és a bejutó vizek minőségét is javíthatják különböző szűrő- és ülepítő folyamatok által.

Ezen megoldásoknak kimutatható, jelentős hatása csak jól átgondolt tervezéssel, kialakítással érhető el. Az adott terület adottságainak figyelembe vétele szükséges a megfelelő technikák kiválasztásához, elhelyezéséhez és méretezéséhez. Szakértelem hiányában a kedvező hatások elmaradása mellett további problémákat is okozhatunk.

A lokális szabályozók megfelelő méretének és helyének megválasztását szimulációs modellek alkalmazásával támogathatjuk. Az ilyen modellek felépítéséhez azonban sok adat és helyszíni mérés szükséges. Számos esetben az anyagi források és egyéb ismeretek hiányában a modellezéssel történő tervezés nem lehetséges. Ezért fontos, hogy a döntéshozók és a tervezők munkáját egyszerűen alkalmazható méretezési segédletek kidolgozásával segítsük elő.

4. IRODALOMJEGYZÉK

Asztalos, T. (2011): A csapadékvíz használatánakbvizsgálata a kommunális vízellátásban és az ivóvízigény csökkentésében, MaSzeSz HÍRCSATORNA, 2011.május június, pp. 3-15.
Burton, A., Kilsby, C.G., Moaven-Hashemi, A., O'Connell P.E. (2004): Neyman-Scott Rectangular Pulses rainfall simulation system. BETWIXT Technical Briefing Note 2. Water Resource Systems Research Laboratory, School of Civil Engineering and Geosciences, University of Newcastle upon Tyne, Newcastle, 8p.
Buzás, L. (2015): Víz a városban: alkalmazkodás a klímaváltozáshoz. Budapest. ISBN 978-963-313-199-2.
Cowpertwait, P.S.P., (1998): A Poisson-cluster model of rainfall: high order moments and extreme values, Proceedings of the Royal Society of London, Series A, 454, 885–898.72
Cowpertwait, P.S.P., (2004): Mixed rectangular pulses models of rainfall, Hydrology and Earth System Sciences, 8, pp. 993–1000.
Cowpertwait, P.S.P., C. Kilsby, and P. O'Connell, (2002): A space-time NeymanScott model of rainfall: empirical analysis of extremes, Water Resources Research, 38(8), pp. 1–14.
Dulovics, Dné, (2003): Csapadékvízgazdálkodás a környezetterhelés csökkentésének egyik eszköze MaSzeSz HCS., november-december, pp. 15-20.
Dulovics, Dné, Csapák, A., (2017): A csapadékvíz minőségét befolyásoló tényezők és azok hatásainak elemzése, MaSzeSz HCS., 2017. 2. pp.22-34.
Dulovics, D., Dulovics, Dné, (2008): A klímaváltozás hatása a települési vízgazdálkodás egyes elemeire, MaSzeSz HCS., 2008. szeptember-október, pp.3-12.
ENSEMBLES projekt honlapja: http://www.ensembles-eu.org/
Fatichi, S., Ivanov, V. Y., Caporali E. (2011): Advanced WEather GENerator. Technical Reference, version 1.0, 96p.
Nemzeti Vízstratégia – Kvassay Jenő Terv (2017): http://www.kormany.hu/download/6/55/01000/Nemzeti%20V%C3%ADzstrat%C3%A9gia.pdf (Utolsó letöltés: 2017.03.01.)
Nováky B., 2011: Az éghajlatváltozás és hatásai. Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok, Budapest. pp. 85-100.
Somlyódy L., Nováky B., Simonffy Z., (2010): Éghajlatváltozás, szélsőségek és vízgazdálkodás. „KLÍMA-21" Füzetek Klímaváltozás-hatások-válaszok 2010 61. szám, Budapest. pp. 15-33.
Wilks, D. S., Wilby, R. L. (1999): The weather generation game: a review of stochastic weather models. Progress in Physical Geography, 23, pp. 329-357.