


A városi csapadékvíz-gazdálkodás hatékonyságát befolyásoló okok

Reasons affecting the efficiency of urban rainwater management

Mrekva László

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víztudományi Kar, Víz-és Környezetbiztonsági Tanszék, Mesteroktató
mrekva.laszlo@uni-nke.hu

ORCID: 0000-0001-8855-8743 

Absztrakt:

A városi csapadékvíz-gazdálkodás hatékonyságát számos tényező befolyásolhatja. Az egyik talán legfontosabb tényező a földhasználat. Az éghajlatváltozás a másik. Azokon a területeken, ahol rövid idő alatt nagy mennyiségű eső esik, a jellemző városi karakterisztikák alapján a csapadékvíz-elvezető rendszerek nem képesek megbirkózni a fölösleges vízmennyiség kezelésével. Lényegi tényező a csapadékvíz infrastruktúra kora és állapota. Az elöregedő, a rosszul vagy részben karbantartott csapadékvíz elvezető rendszerek nem kezelik hatékonyan a lefolyó vízmennyiségeket, hajlamosabbak lehetnek a meghibásodásra. A folyamatban a legjobb gazdálkodási gyakorlatok hatékonyság növelő szerepének vizsgálata kulcsfontosságú. Ezen felül kardinális, hogy megtörténjen a lakosság bevonása a városi csapadékvíz-gazdálkodási folyamatokba. A hatékonysághoz nélkülözhetetlen komponens a megfelelő finanszírozás, aminek hiányában nem lehet megfelelően karbantartani vagy korszerűsíteni a csapadékvíz-infrastruktúrát. Dolgozatomban a városi csapadékvíz-gazdálkodás hatékonyságát befolyásoló imént említett tényezőket vizsgálom.

Kulcsszavak: földhasználat, éghajlatváltozás, infrastruktúra, legjobb gyakorlat, finanszírozás

Abstract:

Several factors can determine the effectiveness of urban rainwater management. One of the most crucial factors is land use. Climate change is another. In those areas where large amounts of rainfall occur over a short time, typical urban characteristics mean that rainwater drainage systems cannot cope with the excess runoff. The age and condition of rainwater infrastructure are crucial. Aging, poorly maintained, or partially maintained rainwater drainage systems must manage runoff effectively and may be more prone to failure. Exploring the role of best management practices in increasing efficiency is pivotal to this process. In addition, it is crucial to involve the public in urban rainwater management processes. An essential efficiency component is adequate funding, without which rainwater infrastructure cannot be adequately maintained or upgraded. In this thesis, I examine the factors that influence the effectiveness of urban rainwater management.

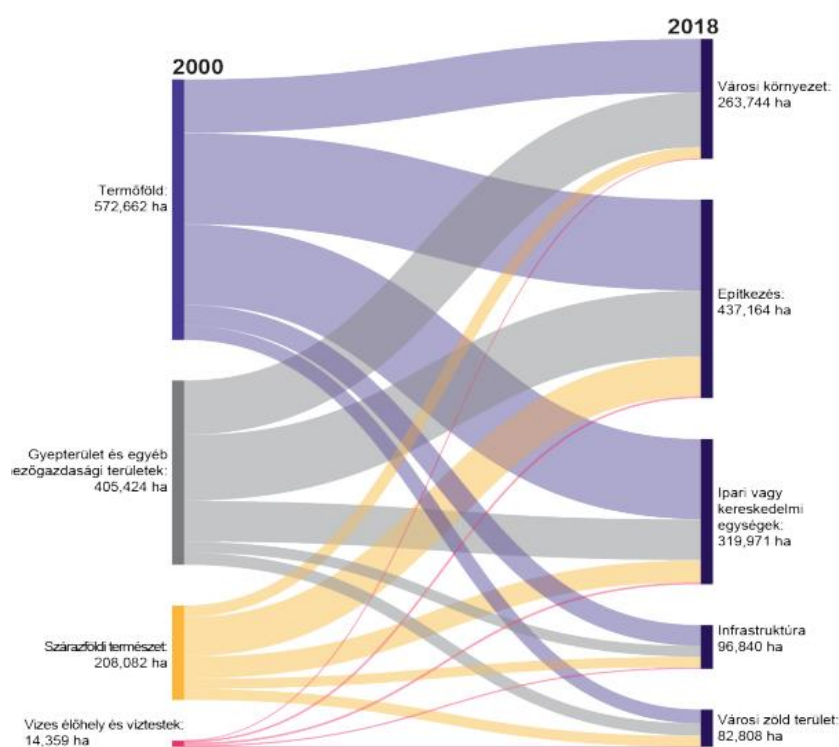
Keywords: land use, climate change, infrastructure, best practice, financing

1. BEVEZETÉS

A városi csapadékvíz-gazdálkodás a városi területeken a csapadék kezelésére és hasznosítására bevezetett gyakorlatokat és rendszereket jelenti. Olyan tevékenységeket foglal magában, mint a csapadékvíz gyűjtése, tárolása, kezelése és elosztása különböző hasznosítási célokra. A városi csapadékvíz-gazdálkodás hatékonyságát azonban számos tényező befolyásolhatja. Ezek közé tartozik a csapadék mennyisége és intenzitása, az infrastruktúra kialakítása és kapacitása, a karbantartás szintje, egy projekt költségvetése, valamint a lakosság tudatosságának és részvételének szintje. E tényezők megértése kulcsfontosságú a hatékony és fenntartható csapadékvíz-kezelési stratégiák kidolgozásához, amelyek segíthetnek enyhíteni az urbanizációnak a természetes vízkörforgásra gyakorolt hatását.

2. FÖLDHASZNÁLAT VÁLTOZÁS

A Fenntartható urbanizáció és területhasználati gyakorlatok az európai régiókban című jelentés szerint „a 2000–2018-as időszakban valamivel kevesebb, mint 2,87 millió hektárnyi terület került át egyik fő földhasználati kategóriából a másikba, ami az ESPON - terület felületének mintegy 0,6%-a. Ennek csaknem fele (1,26 millió ha, azaz 44%) városi területté történő átalakítás volt (1. ábra). Az urbanizáció nem egyformán ment végbe minden országban és időszakban” [1, pp. 11-13].



1. sz. ábra A 2000–2018-as időszakban városi használatra átalakított földterület [1, p. 11]

Az urbanizáció egyrészt a lakosság számbeli növekedésével, másrészt a gazdasági-társadalmi fejlődéssel magyarázható, és ezt a változást követik a különböző fejlesztési gyakorlatok, mint például az infrastruktúra-fejlesztés, megteremtve az alapot a gyors növekedéshez. Az urbanizáció általi földhasználat változás egyre nagyobb terhet ró ezekre a rendszerekre, ami a kezelésükkel és üzemeltetésükkel kapcsolatos kihívásokhoz és problémákhoz vezet és „a földhasználat szempontjából komplex, sokszínű és nagyon fragmentált morfológiával jellemezhető. Az urbanizációs folyamatokat főként a helyi viszonyokat meghaladó gazdasági tényezők vezérik, a szociális és a társadalmi irányítás helyett” [2, pp. 313-314].

A beépített területek, a belterületek nagyságának növekedése és a vonalas infrastruktúra bővülése a földfelszín tartós lezárását és az ökoszisztémák fragmentálódását okozza” [3, p. 7707].

Az urbanizáció miatt bekövetkező megnövekedett vízellátási igény (az hogy elegendő mennyiségű és jó minőségű vizet szolgáltatassunk a lakosság igényeinek kielégítésére) egyes esetekben ez a vízkészletek túlzott mértékű kitermeléséhez vezet, ami vízhiányt és vízkonfliktust okoz. A földhasználat megváltozása a megnövekedett szennyvíztermelés által (újabb és újabb hálózatra történő rácsatlakozás) túlterheli a szennyvíztisztító telepeket súlyos környezetszennyezést okozva a befogadóban. Számos az éghajlatváltozás és a városi környezet hatásainak témájával foglalkozó tanulmány kiemeli az éghajlatváltozás és a gyors városfejlődés együtteséből adódó kihívásokat. Ezek a változások széles körű hatásokat és gazdasági költségeket eredményeznek a különböző ágazatokban és régiókban [4, pp. 13-49] [5, pp. 1-28].

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) szerint a Föld számos szempontból gyorsan változik köszönhetően az emberi tevékenységeknek, és ezek a változások a következő évtizedekben várhatóan felgyorsulnak. Ezeknek a változásoknak azonnali és erőteljes hatása lesz az emberi egészségre és jólétre. A rapid urbanizáció az egyik ilyen kiemelt hatás, amely gyakran jelentős regionális terület-használati, területborítási változásokat eredményez. A városi földhasználat és a földfelszín megváltozása pedig az ökoszisztéma-szolgáltatások megváltozásához vezet [6, p. 115569] [7, pp. 188-199].

A víz át nem eresztő felületek számos ökológiai folyamatban okoznak változásokat, mint például a felszíni lefolyás, a talajerózió és a nem pontszerű szennyezések növekedése, ami a vízi környezet romlásához hozzájáruló egyik fő tényező [8, p. 105756] [9, pp. 113-122]. Kutatások vizsgálták és igazolták, hogy a városi területekről lefolyó szennyezett víz, például vegyi anyagok, törmelék és szemét által szennyezheti a természetes vízforrásokat, ami káros hatással lehet a vízi életre és a közegészségre [10, pp. 3285-3304] [11, pp. 1591-1601] [12, pp. 1-13]. Ha egy területen az át nem eresztő felületek aránya eléri a 10-15%-ot, akkor a befogadó vízfolyások vízminősége megváltozik és a vízi ökoszisztémák gyakori szennyezőanyag koncentrációi jelentősen megnőnek, ami a víztestek egészségének romlásához vezet [13, p. 499–514]. Az urbanizáció felgyorsulásával (ami megváltoztatja a felszíni lefolyás térbeli és időbeli mintázatát és a hidrológiai körfolyamatokat) a városi területeken a természetes táj elpusztul és átalakul [14, pp. 1-5].

„A települések fejlődése számos esetben a minőségi javulás helyett inkább növekedést, szétterülést jelent, mely sok negatív társadalmi – gazdasági - környezeti folyamattal is együtt jár” [3, p. 7708].

A városi földhasználat változása és a városi árvizek között mennyiségi kapcsolat áll fenn, mivel a földhasználat változásai jelentősen befolyásolhatják a hidrológiai ciklust, és növelhetik az árvizek valószínűségét és súlyosságát [15, pp. 1-23]. A földhasználatban bekövetkező változások hatással vannak az árvízi események időzítésére és gyakoriságára is. Például a zöldfelületek épületekkel és járdákkal való helyettesítése csökkentheti az esőzés és a lefolyási csúcsérték közötti késleltetési időt, ami gyakoribb és intenzívebb áradásokhoz vezet [16, pp. 709-720], amely óriási hatással lehet a gazdaságra, a környezetre, a városi infrastruktúrára és a társadalomra.

Az éghajlatváltozás növeli a szélsőséges időjárási események, köztük a heves esőzések gyakoriságát és súlyosságát, amely kockázati szempontból elsősorban a vízi közmű infrastruktúrákat érinti. A szélsőséges esőzések gyakoriságának és intenzitásának növekedése fizikailag összhangban van a globális felmelegedéssel, amit a globális és regionális szintű tendenciák alátámasztanak [17, pp. 1-22]. A vízkészletek védelmének szükségessége, amelyet az Vízkeret Irányelv (2000/60/EK) ír elő a fenntartható fejlődés előmozdításának célkitűzésével összhangban, felveti a városi infrastruktúra intelligens tervezésének szükségességét, amely regionális szinten jelentős területi hatásokkal jár. Ezért fontos, hogy a városi árvízkezelésben proaktív megközelítést alkalmazzunk azáltal, hogy az éghajlatváltozásra vonatkozó előrejelzéseket beépítjük a tervezésbe és az infrastruktúra kialakításába.

Ez olyan intézkedéseket foglalhat magában, mint a csapadékvíz-kezelési infrastruktúra javítása, a vízvezető rendszerek befogadóképességének növelése, valamint korai előrejelző rendszerek kifejlesztése, amelyek figyelmeztetik a lakosokat és a védekezésben közreműködő szerveket a közelgő árvizekre.

A városi területhasználat által a víziközmű infrastruktúrára gyakorolt hatások megfelelő kezeléséhez elengedhetetlen a várostervezés és gazdálkodás integrált és holisztikus megközelítése. Ennek a megközelítésnek magában kell foglalnia a fenntartható jó gyakorlatok alkalmazását, amelyek elősegítik a vízmegtartást, csökkentik a vízszennyezést és javítják a víziközmű infrastruktúra rendszerek ellenálló képességét [18, pp. 1-17]. Emellett fontos felismerni a víziközmű infrastruktúra és más városi közműrendszerek, például az energia, a közlekedés és a hulladékgazdálkodás közötti kölcsönös függőséget is [19, pp. 1-16]. E rendszerek integrálása olyan szinergiákat hozhat létre, amelyek javíthatják a városi infrastruktúra rendszerek egészének hatékonyságát és fenntarthatóságát. A városi földhasználat változása nem korlátozódik csupán a helyi területekre, hanem hatással van az érintett vízgyűjtőn lévő közösségekre és ökoszisztémákra is. Ezért alapvető fontosságú a városi vízgazdálkodás vízgyűjtő alapú megközelítése, amely figyelembe veszi a vízkészletek összekapcsolódását és a vízgyűjtő szintű kezelésük szükségességét.

A földhasználati változások vízgyűjtő szintű hatásainak elemzése felhasználható a felszíni vízkészletek védelmére, a felszíni vízkészletek minőségének és mennyiségének biztosítására, a szennyezőanyagok szintjének csökkentésére és az erőforrások fenntarthatóságának biztosítására [20, pp. 1-222] [21, pp. 1-18]. A vízgyűjtő alapú megközelítés magában foglalja a vízgazdálkodási tevékenységek koordinációját és integrálását egy adott vízgyűjtőn belül több joghatóság és ágazat között. E megközelítés értelmében a vízkészletek közösek, a kezelésükhöz a különböző érdekelt felek közötti együttműködésre van szükség. A városi vízgazdálkodás vízgyűjtő alapú megközelítése megvalósításához olyan (több érdekelt felet érintő) partnerségek létrehozására van szükség, amelyekben kormányzati szervek, civil társadalmi szervezetek, magánszektorbeli szereplők és tudományos intézmények vesznek részt. Ezek a partnerségek elősegíthetik a vízkészletekkel való hatékony gazdálkodáshoz szükséges ismeretek és erőforrások cseréjét [22, pp. 1-48]. Ezenfelül a vízgyűjtő megközelítés a tervezésben segíti a vízminőség és vízmennyiség fenntartásához nélkülözhetetlen természetes ökoszisztémák helyreállításának és védelmének előmozdítását is.

3. ÉGHAJLATVÁLTOZÁS

Kutatások bizonyítják, hogy az éghajlatváltozás jelentős hatással van a városok hidrológiai ciklusára, ez leginkább az árvíz kockázat valószínűségének növekedésében [23, pp. 463-477] [24, pp. 1-18] érhető tetten. Más kutatások szerint az emelkedő hőmérséklet, a változó csapadékviszonyok, valamint a szélsőséges időjárási események, gyakoriságának és intenzitásának növekedése megzavarhatja a városi vízi infrastruktúra-rendszerek megbízhatóságát és fenntarthatóságát [25, pp. 32-48] [26, pp. 93-120]. Ward és társai is igazolták ezeket a megállapításokat az árvíz és az aszály (mint katasztrófakockázat) hatásának lehetséges csökkentését biztosító stratégiák integrálásának vizsgálata során [27, p. 100070].

Az éghajlatváltozás következtében megfigyelhető hatások (intenzív csapadékesemények, a csapadékképződési mintákban bekövetkező változások, a hőmérséklet emelkedése stb.) kombinációja összetett környezeti változásokhoz vezethet. Például egyes területeken intenzívebb és hosszabb ideig tartó esőzések hozzájárulnak a villámárvizek gyakoriságának növekedéséhez. Ezek a jelenségek elsődlegesen az éghajlatváltozással hozhatók összefüggésbe, de a földhasználati gyakorlat megváltozása és az emberi tevékenységek alapvetően hozzájárulnak a villámárvizek kialakulásához.

Az éghajlatváltozás a gazdasági növekedés és a társadalmi fejlődés mellett kihatással van a vízigény változási folyamatokra, a magas hőmérséklet és a csökkent vízellátottság idején megnövekszik a víz iránti kereslet. Az éghajlatváltozás városi vízművekre gyakorolt hatásaihoz való alkalmazkodáshoz olyan átfogó és integrált megközelítésre van szükség [28, p. 102066], amely figyelembe veszi a víziközmű infrastruktúra sebezhetőségét, a vízkészletek változó elérhetőségét és minőségét, valamint a vízigény csökkentésének és a vízhatékonyság növelésének szükségességét [29, pp. 1-29]. Az egyik legfontosabb ilyen stratégia a hatékony vízgazdálkodási tervek kidolgozása, melyeknek megalapozott tudományos és műszaki elemzésen kell alapulniuk, és figyelembe kell venniük a vízgazdálkodási döntések társadalmi, gazdasági és környezeti hatásait. Tartalmazniuk kell továbbá a víztakarékosságot és a hatékonyságot elősegítő intézkedéseket (például vízárképzési mechanizmusokat, a vízvédelmi ösztönzőket). Egy másik fontos stratégia a reziliens gazdálkodási gyakorlatok alkalmazása, amelyek lehetővé teszi a vízgazdálkodási tervek folyamatos nyomon követését és értékelését, valamint a szükséges változtatások végrehajtását. Ez magában foglalhatja a valós idejű adatmegfigyelő rendszerek, az előrejelző modellezés és a vészhelyzeti forgatókönyv-tervezés alkalmazását a valószínűsíthető kockázatok azonosítása és a változó körülményekhez való alkalmazkodás érdekében.

Ezen túlmenően az innovatív technológiák és gyakorlatok alkalmazása segíthetnek a vízkészletek rendelkezésre állásának és minőségének növelésében, miközben csökkentik a szélsőséges időjárási események víziközmű infrastruktúrára gyakorolt hatását [30, pp. 1-143]. Végeterül fontos a vízügyi ágazatban érdekelt felek (a vízművek, a kormányok, a nem kormányzati szervezetek és a magánszektor) közötti együttműködés és partnerségek előmozdítása is [31, pp. 1-104]. Az együttműködési megközelítések segíthetnek az erőforrások és a szakértelem mozgósításában, az innováció és a tudásmegosztás előmozdításában, valamint a fenntartható vízgazdálkodási gyakorlatok társadalmi és politikai támogatásának kiépítésében.

4. AZ INFRASTRUKTÚRA KORA, ÁLLAPOTA

Az elöregedő víziközmű infrastruktúra rendszerek problémaköre világszerte jelent dilemmát [32] az üzemeltetők számára. Sok rendszert évtizedekkel ezelőtt építettek, és nem úgy tervezték, hogy a jelenlegi igénybevételnek megfeleljen. Ez túlterheltséghez vezet, és azt eredményezi, hogy az üzemeltetők nehezen vagy inkább nem tudnak lépést tartani a növekvő igényekkel. Ahogy a víziközmű infrastruktúra öregszik, egyre inkább hajlamossá válik a szivárgásokra, törésekre és más típusú meghibásodásokra, amelyek növelik vízvesztéseket, vízminőség romlását és szolgáltatási zavarokat eredményezhetnek. A vízminőség és az infrastruktúra állapota elválaszthatatlanul összekapcsolódik, és ez a kapcsolat a megfelelő finanszírozás biztosítása és a figyelem nélkül idővel egyre bizonytalanabbá válik [33]. Mostafavi és Young a víziközmű infrastruktúrával kapcsolatos kutatásaikban kiemelte, hogy az ellátásért felelős önkormányzatoknak és a közműszolgáltatóknak nagyon régi rendszereket kell üzemeltetni, meghibásodás (világviszonylatban a szivárgó csövekből eredő vízvesztés az egyik legnagyobb kihívás, amellyel a vízművek szembesülnek) esetén helyreállítani. A bevételek nem feltétlenül fedezik a napi működés vagy a vészhelyzet költségeit. A proaktív üzemeltetés helyett az üzemeltetők többsége csak akkor cseréli ki a csöveket, amikor azok már javíthatatlanok [34]. Éppen ezért az üzemeltetést végző szolgáltatók számára egyértelmű kihívást jelent az infrastruktúra korszerűsítéséhez és a működéshez szükséges finanszírozás biztosítása.

Hazai kutatások is megerősítik, hogy „a víziközmű ágazatban az elöregedő hálózatok egyre nagyobb kihívást jelentenek, amelyet a fenntarthatóság, a finanszírozás és a jövőkép szempontjainak figyelembevételével lehet megoldani a fogyasztói-, állami-, illetve önkormányzati teherviselő képesség, valamint az uniós források korlátainak ismeretében” [35, p. 22].

5. AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB GYAKORLATOK VÉGREHAJTÁSA

A fenntartható városi csapadékvíz-gazdálkodás koncepciója kezdetben inkább a városi csapadékvíz elöntésének biztonságos kezelésére összpontosított, mára azonban a különböző országok sajátos körülményeik alapján új és különböző jelentéstartalmakat adnak a témának [36, pp. 525-542]. A legjobb gyakorlatokra úgy kell tekinteni az urbanizált területeken, mint a társadalmi, oktatási és környezeti feltételek fejlesztésének és javításának lehetőségére [37, pp. 6787-6798]. A legjobb gyakorlat módszerei szerkezeti (elsődlegesen az emberi egészség és biztonság, az értékes javak és tulajdonok védelmét szolgálják) és nem-szerkezeti elemekből (jogi, szabályozási, mint pl. területhasználat, vagy építési mód) állnak [38, pp. 2-108].

A szerkezeti intézkedések olyan műszaki beavatkozások, amelyekkel vagy a védelmi rendszer ellenálló képességét növeljük, „a nem-szerkezeti intézkedések célja a kárérzékenység csökkentése” [39, p. 53].

A szerkezeti legjobb gyakorlatok olyan létesítmények, amelyek segítenek megakadályozni, hogy a csapadékvízben lefolyó szennyező anyagok bejussanak a csapadékcsatornába, és hatással legyenek a befogadóra. Minden típusú szerkezeti legjobb gyakorlati módszer rendszeres ellenőrzést és karbantartást igényel a hatékony működés érdekében [40, pp. 1-99] [41, pp. 1-21]. A nem-szerkezeti legjobb gyakorlatok nem tartalmazzak strukturált vagy tervezett megoldást. Olyan intézkedéseket tartalmazznak, mint az oktatás, a helyszíntervezés és a csapadékvíz kezelési szabályzat [42] [43, pp. 1-35] [44, pp. 1-30].

A magyar vízgazdálkodás kiemelt célja az országban visszatartott vízmennyiség növelése, ennek ellenére a csapadékvíz tudatos területi visszatartása többnyire nem, vagy csak korlátozottan megoldott. Megállapítható, hogy a csapadékvíz-gazdálkodás és belvízgazdálkodás jó gyakorlatai nem, vagy csak igen korlátozottan terjedtek el. Különösen hiányzik a szabályozási rendszer a különböző szintű rendezési terveknél [45, pp. 99-120]. A Magyar Mérnöki Kamara által kidolgozott Tervezési segédlet az Integrált Települési Vízgazdálkodási Terv készítéséhez című dokumentum taglalja a települési csapadékvíz-gazdálkodás és helyi vízkárelhárítás alkalmazási kérdéseinek, megoldási lehetőségeinek feltárását. A teljesség érdekében ezeket a szempontokat részleteiben egy későbbi kutatási munkában kívánom feldolgozni az elmúlt időszakban megvalósult, több szálon a témához köthető projektek gyakorlati tapasztalatainak vizsgálata mellett. A városi csapadékvíz-gazdálkodás szabályozási rendszere az adott terület övezeti besorolásának szintjétől függően változhat. A területrendezés a földterületeknek különböző használati övezetekre történő felosztását jelenti, amelyekre speciális földhasználati szabályok vonatkoznak, megkövetelve a legjobb gyakorlatok alkalmazását.

A csapadékvíz-kezelési előírások országonként diferálhatnak, egyes országokban szigorúbbak, mint másokban. Néhány országban a csapadékvízre vonatkozó egyedi szabályozás minden településre vonatkozik, míg más államok a csapadékvíz-gazdálkodás szabályozását a helyi önkormányzatokra bízzák. Ugyanígy az ingatlantulajdonosok vízvezetési jogai és kötelezettségei is jogrendszerfüggőek. Általában elmondható, hogy az ingatlantulajdonosoknak joga van arra, hogy a csapadékvíz és más lefolyó vizek megfelelő módon elvezetésre kerüljenek az ingatlanáról, jogában áll kiépíteni és karbantartani a saját vízvezetési infrastruktúráját. A jogok mellett megjelennek azon kötelezettségek is, miszerint köteles gondoskodni arról, hogy a csapadékvíz és egyéb lefolyó vizek megfelelő módon elvezetésre kerüljenek, és ne okozzanak kárt más ingatlanokban, be kell tartania az önkormányzat vagy más illetékes hatóságok által meghatározott vízvezetési szabályokat és rendeleteket. Amennyiben az ingatlan része egy közös vízvezetési rendszernek, az ingatlantulajdonosnak joga és kötelessége is van a rendszer használatához és karbantartásához. Helyi szinten a csapadékvíz-gazdálkodási szabályokat általában a helyi önkormányzat területrendezési szabályzata vagy csapadékvíz-rendelete határozza meg.

Ezek a rendeletek tartalmazhatnak a csapadékvíz-gazdálkodási infrastruktúrára vonatkozó előírásokat (például a vízviszatarató tározás vagy áteresztő burkolat), valamint a legjobb gyakorlatok végrehajtására vonatkozó követelményeket [46] [47] [48]. A hatékony városi csapadékvíz-gazdálkodás alapvető fontosságú a környezet és a közegészség védelme érdekében. A megfelelő döntés érdekében időre és a probléma tisztességes áttekintésére van szükség. A fenntartható jó csapadékvíz-gazdálkodási gyakorlatok hozzájárulhatnak a vízkészletek megőrzéséhez, az árvizek kockázatának csökkentéséhez, a vízminőség javításához és a közösségek éghajlatváltozással szembeni ellenálló képességének növeléséhez.

6. A NYILVÁNOSSÁG BEVONÁSA

A víziközműveket érő katasztrófahelyzetek hatékony megelőzése érdekében, illetve maguknak a kialakult katasztrófahelyzetek kezelése során elengedhetetlen a nyilvánosság bevonása. „A veszélyhelyzeti tájékoztatás egyik neuralgikus és sokszor mellőzött feladataleme a hozzátartozók tájékoztatása”, az érintettek bevonása [49, p. 43].

A nyilvánosság részvétele több okból is kulcsfontosságú a hatékony városi csapadékvíz-gazdálkodás szempontjából. A helyi igények és aggályok azonosítása szempontjából a helyi lakosok gyakran elsőként észlelik a városi csapadékvízzel kapcsolatos problémákat (pl. az árvizeket, az eróziót, a vízszennyezést). A lakosság részvétele lehetővé teszi számukra, hogy hangot adjanak aggodalmaiknak, és értékes információkkal szolgáljanak a helyi körülményekről, ami segíthet a területre vonatkozó konkrét tervezési/védekezési/kárelhárítási igények és megoldások meghatározásában. A társadalmi részvétel által nő a tudatosság.

A nyilvánosságnak a tervezési folyamatba való bevonásával megismerhetik a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás ismérveit, ez segít az érintett projektek közösségi támogatásának kiépítésében. Ha a lakosságot bevonjuk a tervezési/védekezési/kárelhárítási folyamatokba, nagyobb valószínűséggel támogatják azt és vesznek részt az intézkedések végrehajtásában. A nyilvánosság részvétele fokozhatja az átláthatóságot és az elszámoltathatóságot a döntéshozatali folyamatban. Ez segíthet a közösség bizalmának kiépítésében. A nyilvánosság bevonása a csapadékvíz-gazdálkodás tervezésébe olyan innovatív és hatékony megoldásokhoz vezethet, amelyek jobban tükrözik a közösség igényeit és aggodalmait.

A települési csapadékvízzel való fenntartható gazdálkodás megvalósítása sokoldalú szemléletváltást igényel, úgy a tervezés-engedélyezés, mint az oktatás-tájékoztatás terén. A legjobb gyakorlatok lehetőséget biztosítanak a társadalmi, oktatási és környezeti feltételek fejlesztésére és javítására az érdekelt felek minél szélesebb körű részvételének biztosítása mellett. A megoldandó problémák zömét a megelőző tevékenységek, a társadalom bevonása a döntésekbe és a társadalmi-gazdasági elvárásoknak való megfelelés képezik [50, pp. 1-12].

Hazai kutatások is megerősítik, miszerint „a múltban nem volt gyakorlat az állampolgárok bevonása a döntésekbe, még kevésbé az aktív szerepvállalásuk elősegítése. Ennek következtében a felülről jövő kezdeményezések kevés társadalmi támogatást kaptak, még akkor is ha egyébként megfeleltek a fenntarthatóság kritériumának” [51, p. 117]. A modern városok olyan dinamikus központok, ahol az emberiség az urbanizáció és technológia fejlődésének csúcán találja magát. Ezzel párhuzamosan azonban a víziközmű infrastruktúra hatékony működtetése során felmerül egy olyan kihívás, amely a városi környezet fenntarthatóságát és életképességét érinti: a települési csapadékvíz-gazdálkodás. Ez a komplex probléma nem csupán a vízgazdálkodást érinti, hanem a városi tervezés, az ökológia, és a társadalmi részvétel területére is kihat.

„A hazai vízgazdálkodás egyik legkomolyabb feladata és egyben kihívása a települési vízgazdálkodás hatékonyságának fejlesztése annak érdekében, hogy a települések felkészülhessenek a környezeti és társadalmi változásokra.” [52, p. 6]. A fenntartható városfejlesztés és vízgazdálkodás eléréséhez az integrált megközelítés elengedhetetlen. A fenntartható vízgazdálkodás nem csupán egy kihívás, hanem egy lehetőség is a városok számára, hogy élhetőbb, zöldebb és ellenállóbb közösségekké váljanak. A városi vízgazdálkodás integrált, részvételi és innovatív megközelítésével élhetőbb és fenntarthatóbb városokat hozhatunk létre, amelyek elősegítik a társadalmi, gazdasági és környezeti jólétet.

Kutatások bizonyítják, hogy alapvető fontosságú a kutatásba és az innovációba való beruházás olyan új és innovatív technológiák kifejlesztése érdekében, amelyek segíthetnek a városi víziközmű infrastruktúra-rendszerek előtt álló kihívások kezelésében. Az olyan technológiák, mint az intelligens vízhálózatok, az érzékelő-hálózatok és az adatelemzés segíthetnek a víziközmű infrastruktúra rendszerek hatékonyságának és eredményességének javításában, miközben csökkentik környezeti hatásukat [53, pp. 1-17].

A fejlett városi víziközmű infrastruktúra jelentős társadalmi és gazdasági előnyökkel jár (például biztonságos és megfizethető vízellátási és szennyvízkezelési szolgáltatásokhoz való hozzáférést biztosít, munkalehetőségeket teremt, és elősegíti a gazdasági növekedést) [54, pp. 1-7].

„Nyílt titok, hogy ezen a területen nagyon sok a tennivaló: hiányoznak művek, hiányzik a felelősségi körök és az üzemeltetés-fenntartás finanszírozásának szabályozása, újragondolásra szorulnak a tervezési keretek” [55, p. 1].

A finanszírozás kritikus tényező, amely befolyásolja a városi csapadékvíz-gazdálkodás hatékonyságát. A csapadékvíz-gazdálkodási infrastruktúra megvalósítása jelentős beruházást igényel, ami számos település számára jelent kihívást. A finanszírozás egyik legnagyobb kihívása a dedikált finanszírozási források hiánya. Más infrastruktúrákkal kapcsolatos projektekkel (például utakkal és hidakkal) ellentétben a csapadékvíz kezelését általában nem külön bevételi forrásból finanszírozzák, és az önkormányzatok gyakran támaszkodnak általános alapokra e projektek finanszírozása során. Ez bizonytalanságot teremthet a finanszírozás rendelkezésre állásával kapcsolatban, és korlátozhatja az önkormányzatok képességét a csapadékvíz-gazdálkodási projektek tervezésében és végrehajtásában. Ezek a költségek sok önkormányzat számára megfizethetetlenek, különösen a korlátozott erőforrásokkal rendelkezők számára.

„A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény korábban is tartalmazta, azonban 2016. július 16-tól hatályos módosításában egyértelmű feladatává tette a települési önkormányzatok részére a települések belterületén a csapadékvízzel történő gazdálkodást. A Magyarország helyi önkormányzatairól szóló 2011. évi CLXXXIX. törvény (Mötv.) a helyben biztosítható közfeladatok körében ellátandó helyi önkormányzati feladatként határozza meg a helyi vízgazdálkodást, vízkárelhárítást.” [56, p. 119].

A csapadékvíz-gazdálkodási feladatok széttagoltsága is hatással van a finanszírozásra. A csapadékvíz kezelése gyakran több intézmény/szervezet felelőssége, ami kihívást jelent a finanszírozás koordinálásában és a projektek hatékony végrehajtásában. Ez késedelmet, akár duplikálódást eredményezhet az adminisztrációban, ami tovább növeli a költségeket és csökkenti a hatékonyságot.

„A jogszabályok tehát osztott felelősségvállalást írnak elő az egyéni, az önkormányzati és az állami szereplők között. A gazdasági feladatok meghatározása során elsősorban a teherviselés arányainak meghatározása szükséges.

Jelenleg többnyire adó formájában keletkező forrásfelhasználás van, vagy egy EU-s pályázati lehetőség biztosít lehetőséget a finanszírozásra. A települési csapadékvíz-gazdálkodás azonban csak költségvetési forrásból nem finanszírozható, ahogyan csak EU-forrásból sem” [57, pp. 3-4].

8. KÖVETKEZTETÉS

A megnövekedett felszíni lefolyás városi áradásokat okoz, amelyek túlterhelik az egyébként is alulméretezett vízvezető rendszereket, és jelentős vagyoni károkhoz és egyéb problémákhoz vezethetnek. A szélsőséges időjárási események (például az árvizek és az aszály gyakoriságának és intenzitásának növekedése) hatására a változó városi területek nagyobb kihívásokkal néznek szembe.

Fontos azt is felismerni, hogy a városi vízügyi infrastruktúra nem statikus, hanem dinamikus rendszer, amely folyamatos karbantartást, korszerűsítést és beruházásokat igényel hatékonyságának és fenntarthatóságának biztosítása érdekében. Ezért alapvető fontosságú, hogy olyan hosszú távú tervezési és finanszírozási mechanizmusokba fektessünk be, amelyek fenntartható finanszírozást biztosítanak a vízinfrastruktúra-beruházások számára [58, pp. 1-16].

A hosszú távú tervezés segíthet a prioritások meghatározásában, a kockázatok értékelésében és olyan stratégiák kidolgozásában, amelyek biztosítják a városi vízrendszerek hatékony és fenntartható kezelését. Az olyan finanszírozási mechanizmusok, mint a köz- és magánszféra közötti partnerségek, a vízhasználati díjak és a zöld kötvények segíthetnek a magánszektor beruházásainak mobilizálásában és a közforrások hatékony felhasználásának előmozdításában.

A fenntartható várostervezési és városüzemeltetési gyakorlatok (amelyek figyelembe veszik a földhasználat víziközmű infrastruktúrára gyakorolt hatását) alapvető fontosságúak a városi területek hatékony és fenntartható fejlődéséhez és képesek megbirkózni az urbanizáció változó igényeivel és kihívásaival. A fenntartható jó gyakorlatok elfogadásával, a helyi közösségek bevonásával, a városi vízgazdálkodás vízgyűjtő alapú megközelítése révén, valamint a kutatásba és innovációba való befektetéssel élhetőbb és fenntarthatóbb városokat hozhatunk létre, amelyek elősegítik a társadalmi, gazdasági és környezeti jólétet. Az együttműködés és a partnerségek előmozdításával, a kutatásba és az innovációba való befektetéssel, valamint a méltányossági és társadalmi igazságossági kérdések kezelésével rugalmasabb és fenntarthatóbb városi vízrendszereket hozhatunk létre, amelyek az éghajlatváltozással szemben is elősegítik a társadalmi, gazdasági és környezeti jólét megteremtését. Ki kell emelni, hogy milyen fontos befektetni a víziközmű infrastruktúra rendszerek karbantartásába és korszerűsítésébe annak biztosítása érdekében, hogy azok hatékonyan tudják kezelni a csapadékvíz okozta nehézségeket. Az elöregedő vízellátó rendszerek okozta fennakadások jelentős kihívást jelentenek, amelynek megoldásához szignifikáns beruházásokra és innovatív megoldásokra lesz szükség.

9. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] D. Evers, „Alkalmazott Kutatás - Összefoglaló jelentés SUPER – Fenntartható urbanizáció és területhasználati gyakorlatok az európai régiókban,” 2020.
- [2] Á. Orbók, „A városok demográfiai változásainak hatása a társadalomra,” *Hadtudományi szemle*, pp. 313-314 X. évfolyam, 4. szám 2017.
- [3] Földművelésügyi Minisztérium, *1. melléklet a 27/2015. (VI. 17.) OGY határozathoz, 4. Nemzeti Környezetvédelmi Program 2015-2020 Szakpolitikai stratégia*, Magyar Közlöny, 2015. évi 83. szám, pp. 7707.
- [4] A. Hunt és P. Watkiss, „Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature,” *Climatic Change*, p. 13–49, 2011.

- [5] Z. W. Kundzewicz, et al., „Flood risk and climate change: global and regional perspectives,” *Hydrological Sciences Journal*, pp. 1-28. 2014.
- [6] Z. Wang et al., „Impact of rapid urbanization on the threshold effect in the relationship between impervious surfaces and water quality in shanghai, China,” *Environmental Pollution*, p. 115569, Volume 267, December 2020.
- [7] S. Delphin, F.J. Escobedo, A. Abd-Elrahman, W.P. Cropper, „Urbanization as a land use change driver of forest ecosystem services,” *Land Use Policy*, pp. 188-199, Volume 54, July 2016.
- [8] J. Lin, N. Chena, F. Wang , Z. Huang , X. Zhang , L. Liu, „Urbanization increased river nitrogen export to western Taiwan Strait,” *Ecological Indicators*, p. 105756, Volume 109, February 2020.
- [9] A. Tasdighi, M. Arabi and D. L. Osmond, „The Relationship between Land Use and Vulnerability to Nitrogen and Phosphorus Pollution in an Urban Watershed,” *Journal of Environmental Quality*, pp. 113-122, Volume 46, Issue 1, 2017.
- [10] H. Chang, „Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea,” *Water Research*, pp. 3285-3304, Volume 42, Issue 13, July 2008.
- [11] T. Hurley and A. Mazumder, „Spatial scale of land-use impacts on riverine drinking source water quality,” *Water Resources Research*, pp. 1591-1601, March Volume 49, Issue 3, 2013.
- [12] Y. Ou, X. Wang, L. Wang and A. N. Rousseau, „Landscape influences on water quality in riparian buffer zone of drinking water source area, Northern China,” *Environmental Earth Sciences*, pp. 1-13, Volume 75, Article 114, (2016).
- [13] E. Brabec, S. Schulte and P. L. Richards, „Impervious Surfaces and Water Quality: A Review of Current Literature and Its Implications for Watershed Planning,” *Journal of Planning Literature*, pp. 499-514, Volume 16, Issue 4. 2002.
- [14] K. Pankaj, „Water Quality Assessments for Urban Water Environment,” *Water*, pp. 1-5, 2021.
- [15] S. García-Ayllón and A. Franco, „Spatial Correlation between Urban Planning Patterns and Vulnerability to Flooding Risk: A Case Study in Murcia (Spain),” *Land*, pp. 1-23, 2023.
- [16] H. Jia, H. Yao and S. L. Yu, „Advances in LID BMPs research and practice for urban runoff control in China,” *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, pp. 709–720, 2013.
- [17] L. V. Alexander et al., „Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation,” *Journal Of Geophysical Research: Atmospheres*, VOL. 111, Issue D5, pp. 1-22, March 2006.
- [18] A. Bohman, E. Glaas and M. Karlson, „Integrating Sustainable Stormwater Management in Urban Planning: Ways Forward towards Institutional Change and Collaborative Action,” pp. 1-17, 10 January 2020.
- [19] P. A. Jayasinghe, S. Derrible and L. Kattan, „Interdependencies between Urban Transport, Water, and Solid Waste Infrastructure Systems,” *Infrastructures*, pp. 1-16, 2003.
- [20] N. Du, „Integrating surface water management in urban and regional planning : case study of Wuhan in China,” University of Twente, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, 29 Jan 2010.
- [21] H. Nagendra and E. Ostrom, „Applying the social-ecological system framework to the diagnosis of urban lake commons in Bangalore, India,” *Ecology and Society*, Vol. 19, No. 2, pp. 1-18, Jun 2014.
- [22] J. Gayer, Szerk., *Integrált vízgazdálkodás Kelet- és Közép-Európában, IVG kontra EU Víz Keretirányelv*, Global Water Partnership, 2015, pp. 1-48.

- [23] M. Macchiaroli, V. Pellicchia and C. D'Alpaos, „Urban water management in Italy: an innovative model for the selection,” *Weas Transactions on Enviroment and Development*, pp. 463-477, Volume 15, 2019, Art. #50.
- [24] J. Cromwell, J. Smith and R. Raucher, „Implications of Climate Change for Urban Water Utilities,” pp. 1-18, January 2007.
- [25] M. C. Acreman, A. J. D. Ferguson, „Environmental flows and the European Water Framework Directive,” *Freshwater Biology* (55), Issue 1, pp. 32-48, January 2010.
- [26] N. W. Arnell, S. J. Halliday and A. J. Wade, „The implications of climate change for the water environment in England,” *Progress in Physical Geography*, pp. 93-120, February Volume 39, Issue 1, 2015.
- [27] P. J. Ward et al., „The need to integrate flood and drought disaster risk reduction strategies,” *Water Security*, p. 100070, Volume 11, 2020, .
- [28] G. Özerol, N. Dolman, H. Bormann, H. Bressers, K. Lulofs and M. Böge, „Urban water management and climate change adaptation: A self-assessment study by seven midsize cities in the North Sea Region,” *Sustainable Cities and Society*, p. 102066, Volume 55, April 2020.
- [29] A.C. Loftus, C. Howe, B. Anton, R. Philip and D. Morchain, *Adapting urban water systems to climate change : a handbook for decision makers at the local level*, ICLEI European Secretariat GmbH, 2011, pp. 1-29.
- [30] Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv), 2017, pp. 1-143.
- [31] UNECE, *Guidebook on Promoting Good Governance in Public-Private Partnerships*, United Nations, 2007, pp. 1-104.
- [32] „WSB,” [Online]. Elérhetőség: <https://www.wsbeng.com/the-top-10-challenges-public-water-systems-are-facing/>. (2023.03.18)
- [33] „Center for Watershed Protection,” [Online]. Elérhetőség: <https://cwp.org/beyond-lead-infrastructure-concerns-water-quality/>. (2023.03.18)
- [34] S. Richardson, „TWRI,” [Online]. Elérhetőség: <https://twri.tamu.edu/publications/txh2o/2019/summer-2019/10-challenges-of-water-utilities/>. (2023.03.25)
- [35] „A Nemzeti Víziközmű-közszolgáltatási Stratégia feljogosító feltételeinek teljesüléséhez szükséges intézkedésekről,” Budapest, 2021.
- [36] T. D. Fletcher et al, „SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage,” *Urban Water Journal*, pp. 525-542, Volume 12, Issue 7, 2015.
- [37] A.E. Barbosa, J.N. Fernandes, L.M. David, „Key issues for sustainable urban stormwater management,” *Water Research*, pp. 6787-6798, Volume 46, Issue 20, 15 December 2012.
- [38] L. Nagy, *Árvízi kockázat az árvízvédelmi gát tönkremenetele alapján PhD. értekezés*, Budapest, 2005, pp. 2-108.
- [39] VIZITERV Environ Kft., *Az előzetes árvízi kockázatbecslés, veszély- és kockázati térképek, a kockázatkezelési tervek első felülvizsgálata* (KEHOP-1.1.0-15-2016-00006) Összefoglaló tanulmány, Budapest Főváros, 2022, pp. 53.
- [40] GreenTreks Network, Inc., „Non-Structural BMPs,” in *Pennsylvania Stormwater Best Management Practices Manual*, 363-0300-002 / December 30, 2006, pp. 1-99.
- [41] L. R. N. P. Rentachintala; M. G. M. Reddy and P. K. Mohapatra, „Urban stormwater management for sustainable and resilient measures and practices: a review,” *Water Science & Technology*, pp. 1-21, 15 February Volume 85, Issue 4, (2022).
- [42] Southwestern Pennsylvania Commission, „SPC Water Resource Center / Topics / Stormwater Management / Stormwater Best Management Practices,” [Online]. Elérhetőség:

<https://spcwater.org/topics/stormwater-management/stormwater-best-management-practices-2/>. (2023.05.04)

- [43] T. Wong and A. Taylor, „Non-structural rainwater quality best management practices: an overview of their use, value, cost and evaluation,” Cooperative Research Centre For Catchment Hydrology, ResearchGate, 2002.
- [44] N. Kumar, X. Liu, S. Narayanasamydamodaran and K. K. Pandey, „A Systematic Review Comparing Urban Flood Management Practices in India to China’s Sponge City Program,” *Sustainability*, vol. 13, no. 11, pp. 6346, June 2021.
- [45] L. Balatonyi és L. Tóth, „Települési vízgazdálkodásunk finanszírozási rendszere a 2021–2027 közötti pályázati ciklus tükrében,” *Belügyi Szemle*, pp. 99-120, 68. Évfolyam, 7. sz. (2020).
- [46] „Rainwater Harvesting In Different Countries,” Rainy - Farmland Rainwater Harvesting System, [Online]. Elérhetőség: <https://www.rainyfilters.com/about-us/blogs/rain-water-harvesting-in-different-countries>. (2023.04.04)
- [47] „Rainwater Harvesting Around The World,” Catch Themes, [Online]. Elérhetőség: <https://rainwaterrunoff.com/videos-on-other-countries/>. (2023.04.23)
- [48] H. Mooyoung and L. Andrews, „Can rainwater harvesting transform cities into water-wise cities?,” 30 March 2017. [Online]. Elérhetőség: <https://iwa-network.org/can-rainwater-harvesting-transform-cities-into-water-wise-cities/>. (2023.03.03)
- [49] L. Kátai-Urban et al, *Módszertani Segédlet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari balesetek elleni védekezés területi és helyi feladatainak ellátásához*, L. Kátai-Urban, Szerk., BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság/Közép- És Kelet Európai Környezetfejlesztési Intézet, 2005, pp. 43.
- [50] A.E. Barbosa, J.N. Fernandes, L.M. David, „Key issues for sustainable urban stormwater management,” *Water Research*, pp. 1-12, 15 December Volume 46, Issue 20, 2012.
- [51] J. Gayer, *A települési csapadékvíz-elhelyezés az integrált vízgazdálkodás tükrében PhD. értekezés*, 2004, pp. 117.
- [52] Magyar Mérnöki Kamara Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozata, *ITVT Integrált Települési Vízgazdálkodási Terv - tervezési segédlet*, Országos Vízügyi Főigazgatóság, Magyar Mérnöki Kamara, 2023, pp. 6.
- [53] K. Joseph, A. K. Sharma, and R. van Staden, „Development of an Intelligent Urban Water Network System,” *Water*, pp. 1320, vol. 14, no. 9, Apr. 2022.
- [54] T.S. Katko, J. J. Hukka, „Social and Economic Importance of Water Services in the Built Environment: Need for More Structured Thinking,” *Procedia Economics and Finance*, pp. 217-223, Volume 21, 2015.
- [55] B. Máraligeti, „Vizet Mindenkinek - A Víz Világnapja 2019,” *Vízmű Panoráma*, pp. 1, XXVII/2019. 3. szám.
- [56] L. Balatonyi és L. Tóth, „Települési vízgazdálkodásunk finanszírozási rendszere a 2021–2027 közötti pályázati ciklus tükrében,” *Belügyi Szemle*, pp. 119, 68. Évfolyam, 7. szám (2020).
- [57] I. Láng, „Feladataink a települési csapadékvíz-gazdálkodás területén,” *Vízmű Panoráma*, pp. 3-4, XXVII/2019. 3. szám.
- [58] C. Urich és W. Rauch, „Modelling the urban water cycle as an integrated part of the city: a review,” *Water Science & Technology*, pp. 1857–1872, 70, (2014).