

Szent István Egyetem

# A FENNTARTHATÓ CSAPADÉKVÍZ- GAZDÁLKODÁS FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI BUDAPESTEN

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Csizmadia Dóra**

Budapest

2020



# Tartalom

A kutatás témája és céljai.....	1
A disszertáció felépítése és tartalma.....	2
A kutatás módszertana .....	5
Tézisek .....	7
Következtetések és javaslatok .....	12
A témakörhöz kapcsolódó saját publikációk.....	15



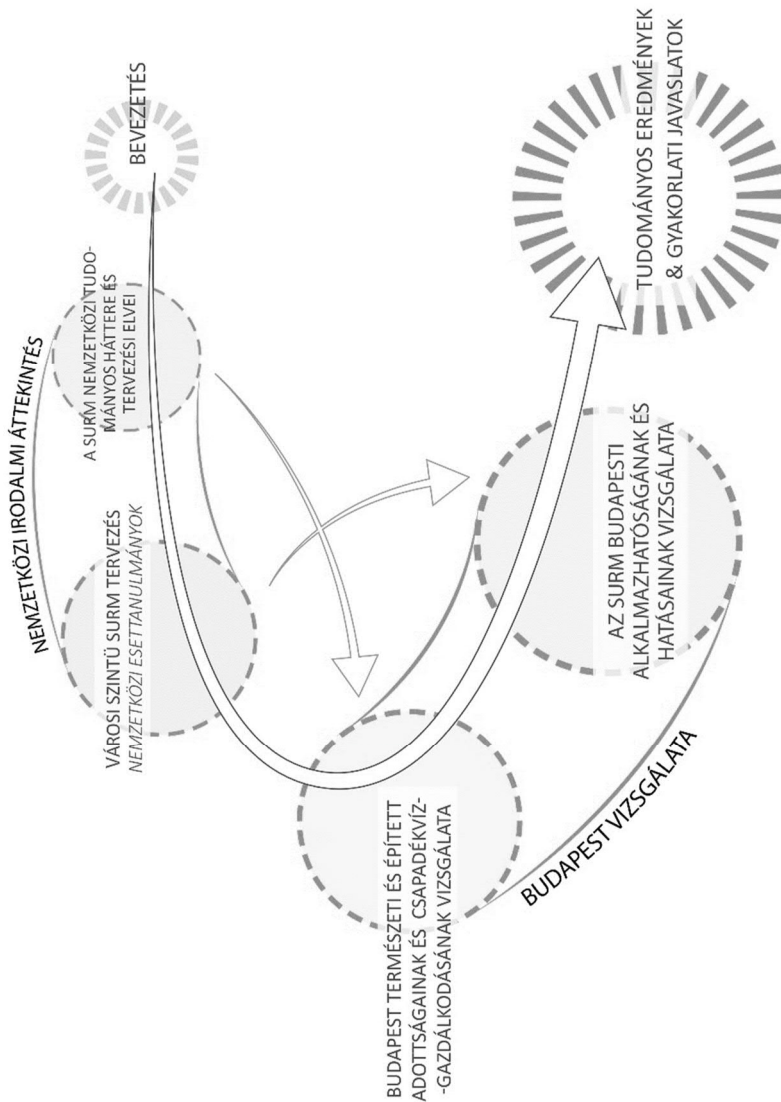
# A kutatás témája és céljai

A globális éghajlatváltozás és környezetromlás talán a történelem eddigi legkomolyabb kihívása elé állítja a városépítészetet, és elveinek valamint eszközeinek sürgős és radikális újrafogalmazására kényszerítik korunk tervezőit. A vízgazdálkodás az éghajlatváltozással kapcsolatos legtöbb probléma központi témája, ezért az emberiség okozta természeti károk minimalizálása és az erőforráshasználat hatékonyságának optimalizálása a következő évtizedek egyik legfontosabb kihívása lesz. A dolgozat a vízgazdálkodás egy részterületét, a csapadékvíz helybentartásának lehetőségeit vizsgálja a városi környezetben. A fenntartható városi csapadékvíz-gazdálkodás (sustainable urban rainwater management (SURM)) alkalmazása egyes országokban már kialakult gyakorlattal rendelkezik új beépítések esetén, de a meglévő városi szövetbe való integrálása kevésbé vizsgált és meglehetősen nagy kihívást jelentő feladat. Budapestet választottam a disszertáció vizsgálati területeként annak bemutatására, milyen adaptációs lehetőségek nyílnak a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás alkalmazására az európai történelmi városszövetben.

A kutatás fő céljai:

- a nemzetközi irodalom és esettanulmányok alapján a fenntartható városi csapadékvíz-gazdálkodás elméletének, alapelveinek és tervezői eszközeinek áttekintése
- a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás budapesti alkalmazhatóságának és az alkalmazás hatásainak vizsgálata saját vizsgálati módszertan kialakításával
- a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás budapesti kutatási hátterének megalapozása és stratégiai javaslatok megfogalmazása az alkalmazáshoz.

# A disszertáció felépítése és tartalma



1. ÁBRA: A DOLGOZAT FELÉPÍTÉSE

## **A kutatás a következő négy egységből áll:**

**Nemzetközi irodalmi áttekintés:** A tradicionális csapadékvíz-elvezetés problémáinak és kihívásainak megértéséhez röviden összefoglaltam kialakulásának történetét, valamint hatásait a vízháztartásra valamint hatásait a városi környezetre. Ismertettem az SURM nemzetközi kutatási háttérének fontosabb elméleteit és a témához kapcsolódó definíciókat, majd lehatároltam a tézis által használt fogalmakat. A dolgozat több külföldi kutatás eredményeit szintetizálva összefoglalta az SURM tervezéséhez szükséges alapadatokat és ismertette a kék-zöld infrastruktúra tervezői elemeit. Az irodalomkutatás második része három nemzetközi esettanulmány elemzésén keresztül mutatja be a városi csapadékvíz-gazdálkodási stratégiaalkotás folyamatára és eszközeit.

**Budapesti természeti és épített adottságainak és csapadékvíz-gazdálkodásának vizsgálata:** A nemzetközi analízisben megalkotott vizsgálati módszertan alkalmazásával elemeztem a város klimatikai, talajtani, domborzati, és vízrajzi adottságait, területhasználatát, a jelenlegi csapadékvíz-elvezető infrastruktúra elemeit, valamint a budapesti csapadékvíz-gazdálkodás jelenlegi jogi szabályozását, intézményrendszerét és szerepét a városfejlesztési dokumentumokban.

**A SURM alkalmazhatóságának városi léptékű vizsgálata:** Saját módszertant dolgoztam ki a három fenntartható csapadékvíz-kezelési mód (szikkasztás, visszatartás, párologtatás) alkalmazhatóságának értékelésére a városi szövetben. A komplex térképes analízis három alkalmazhatósági térképet eredményezett a lehetséges alkalmazási területek és a kiemelkedő potenciálú területek feltüntetésével. A területek összevetítésével kimutattam, hogy a város mely területei bírnak a legnagyobb jelentőséggel a kék-zöld infrastruktúra fejlesztés számára.

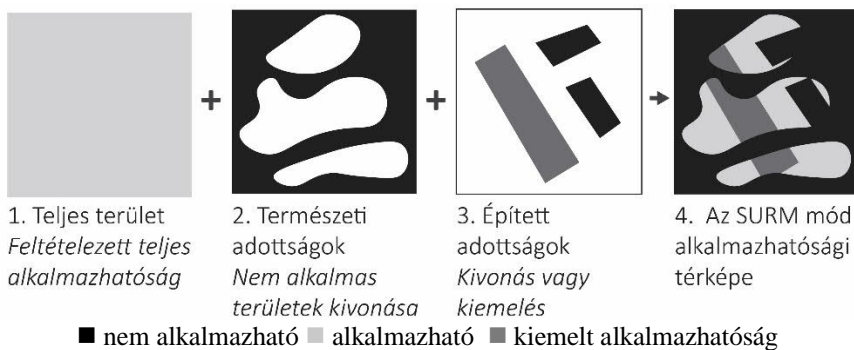
**A kék-zöld infrastruktúra fejlesztésének hatásai a lefolyásra és az éves vízmérlegre:** BGI eszközök alkalmazásának rövid és hosszú távú hatásait egy szocialista lakótelep mintaterületén vizsgáltam. A rövidtávú hatásokat a BGI vízvisszatartó képességének számításán keresztül vizsgáltam egy kis és egy nagy intenzitású csapadékesemény figyelembevételével, míg a hosszú távú hatásokat a városi klímára éves vízmérleg modellezéssel becsültem meg.



# A kutatás módszertana

## Az SURM alkalmazhatóságának vizsgálata a városi szövetben

A fenntartható csapadékvíz-kezelés módjainak (szikkasztás, viszatartás, párologtatás) alkalmazhatóságának vizsgálata Budapest természeti (klíma, domborzat, talaj és talajvízszint) valamint épített adottságainak (csatornarendszer és területhasználat) elemzésén alapul. Minden vizsgált területhasználati és egyéb adottságot leíró kategóriában megvizsgáltam a három SURM mód alkalmazhatóságát és ez alapján a “nem alkalmazható”, “alkalmazható”, vagy “kiemelt alkalmazhatóság” értékek egyikét rendeltem a kategóriához. A kiemelt alkalmazhatóság arra utal, hogy a kategória tulajdonságai nagyon előnyösek a mód alkalmazására vagy az adottságok miatt kiemelt szükség van a mód alkalmazására. A kategóriákhoz tartozó térképi állományt Adobe Photoshop használatával egymásra rétegeztem és a 2. ábrán szemléltetett módon leválogattam.



2. ÁBRA: AZ ALKALMAZHATÓSÁGI TÉRKÉPEK ELŐÁLLÍTÁSÁNAK LÉPÉSEI

A kapott térképes állományt használva megvizsgáltam a módok alkalmazásához megfelelő, illetve kiemelt jelentőségű területek tipikus területhasználati kategóriáit és Budapest zónáinak karakterisztikáját. A három mód alkalmazhatósági térképeinek összevetítésével meghatároztam a kék-zöld infrastruktúra fejlesztés számára legelőnyösebb területeket.

## **A kék-zöld infrastruktúra fejlesztésének hatásai a lefolyásra és az éves vízmérlegre:**

A lefolyásszámítás során egy alacsony intenzitású, 4 éves gyakoriságú, és egy nagy intenzitású, 33 éves gyakoriságú csapadékeseményt vettem figyelembe. Légifotók és a Google Street View segítségével felmértem a terület felszínborítási típusait és a további alapadatokkal (talajtípus, lejtés) kiegészítve AutoCAD segítségével térképes állományt készítettem. A lejtéviszonyok alapján vízgyűjtőkre osztottam a területet. Saját módszertant alkottam az alkalmazható BGI eszközök kiválasztására, mely a helyi adottságokat a nemzetközi irodalmi áttekintésben szintetizált eszköztulajdonságokhoz rendeli. A BGI vázlaterv készítése során a 4 éves gyakoriságú csapadékesemény lefolyását szikkasztó, míg a 33 évesét vízvisszatartó eszközök alkalmazásával tartottam a tervezési területen. A szikkasztó és vízvisszatartó eszközök szükséges kapacitását a német DWA-A 138 és DWA-A 117<sup>1</sup> szabványok számítási módszertanával számítottam. Ezután vázlattervet készítettem a BGI eszközök lehetséges elhelyezésére. A BGI lefolyáscsökkentő képessége az elhelyezett eszközök összkapacitásának és a jelen állapot lefolyásának hányadosából adódott.

Az elkészített terv éves vízmérlegének modellezéséhez a német DWA-A 102 szabványtervezetet használtam.<sup>2</sup> A következő variánsok kerültek modellezésre a terület- és BGI eszköztípusok regisztrációjával: 1. Jelen állapot, 2. BGI fejlesztés. A program ezt automatikusan összehasonlította az eredeti beépítetlen állapot (rét) vízháztartásával.

---

<sup>1</sup> DWA A-138: “Csapadékvíz szikkasztó eszközök tervezése, építése és üzemeltetése”; DWA A-117: “Csapadékvíz tározóterek méretezése”

<sup>2</sup> DWA-A 102: “A csapadékvíz-gazdálkodás és a felszíni víztestekbe bevezetett csapadékvíz kezelésének alapelvei”

# Tézisek

T1: Budapest jelenlegi jogi, szervezeti és műszaki környezete módosításokat igényel a csapadékvíz helybentartás alkalmazásának ösztönzése érdekében. Az alábbi területeken a legfontosabb:

- a. A csapadékvíz-gazdálkodás jogi fogalmának és felelőseinek tisztázása, és kötelezés a csapadékvíz-helybentartás előnyben részesítésére
- b. A kék- és zöldinfrastruktúra elemek tulajdonosi és fenntartói hátterének tisztázása
- c. Politikai elkötelezettség a megfelelő mértékű és kiszámítható projektfinanszírozáshoz
- d. Szabad hozzáférés jó minőségű tervezői adatokhoz
- e. A szakirányú tudás fejlesztése

Budapest adottságainak vizsgálata alátámasztotta a nemzetközi tapasztalatokat, mely szerint a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás legjelentősebb akadályai nem a pénzügyi vagy műszaki problémákban, hanem az intézményi rendszerben rejlenek. A vizsgálat által definiált legfontosabb hiányosságok nem csak az SURM alkalmazása, hanem a tradicionális csapadékvíz-gazdálkodás számára is problémát jelentenek.

T2: Budapest települetfelhasználási kategóriái megfelelő keretet biztosítanak a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás alkalmazhatóságának elemzésére a városi szövetben. Erre alapozva saját módszertant alkottam azon városi területek azonosítására, ahol a szikkasztás, vízvisszatartás és párologtatás tervezői eszközeinek alkalmazása lehetséges, vagy kiemelt jelentőségű. A vizsgálat

kimutatta, hogy Budapest zónaterületei eltérő arculattal bírnak a csapadékgazdálkodás szempontjából:

- a. Az átmeneti zónában mindhárom csapadékvíz-gazdálkodási mód alkalmazható
- b. Az elővárosi zónában a szikkasztás és vízvisszatartás alkalmazása kiemelt jelentőségű
- c. A belső zóna a vízvisszatartás és a párologtatás alkalmazása bír kiemelt jelentőséggel
- d. A hegyvidéki és a duna-menti zónák területén többnyire csak a vízvisszatartás alkalmazására van lehetőség.

Budapest területének 90%-a olyan területhasználati kategóriákba tartozik, melyek definíciója olyan tényezőkön alapul, amelyek relevánsak az esővízkezelés szempontjából is (pl. beépítési sűrűség, zöldterület arány, használat módja), és ezért alkalmasak voltak a SURM elemzésére. A vizsgálat kimutatta, hogy az egyes városépítészeti zónák eltérő jellemzőket mutatnak. Az átmeneti zóna az összes módszerhez alkalmazható, míg a Duna és a hegyoldal területén csak visszatartó szerszámok használhatók.

**T3:** A komplex kék-zöld infrastruktúra fejlesztési projektek kiemelkedő pozitív hatást fejthetnek ki környezetükre azokon a területeken, ahol egyszerre két vagy több csapadékvíz-gazdálkodási mód alkalmazása is kiemelt jelentőséggel bír, ezért ezek fejlesztése a legprofitábilisabb a város számára. Ezen területek tipikusan az elővárosi zóna családiházak területein, az átmeneti zóna rozsdá- és lakótelepi területein valamint a belvárosi történelmi beépítés területén találhatók.

Azon területeken, ahol több SURM mód is alkalmazható, egy megfelelően tervezett kék-zöld infrastruktúra projekt egyszerre több igényt is ki tud

elégíteni. Ha az alkalmazott módok egyben ajánlottak is a területen, az azt mutatja, hogy a beruházás kiemelten előnyös lehet a környezete számára, vagy a fejlesztéshez kiemelkedően jók a területi adottságok. Emiatt ezeken a városi területen lehet a legnagyobb a BGI beruházások költséghatékonysága. A négy területtípusból a rozsdamezős területek és a lakótelepek esetében a szikkasztás és vízvisszatartás magas potenciálja a jó területi adottságoknak köszönhető. A kertvárosi területek esetében a csapadékvízvezető infrastruktúra hiányosságai vezettek a szikkasztás és vízvisszatartás kiemelt jelentőségéhez. A történelmi városmag esetében a csatornahálózat túlterheltsége, valamint a magas burkoltságból fakadó hősziget effektus indokolta a párologtatás és vízvisszatartás kiemelt jelentőségű alkalmazását.

T4: A nagy alapterületű és kék-zöld infrastruktúra fejlesztésre kiemelkedően alkalmas területek magas aránya miatt az átmeneti zóna a legmegfelelőbb a nagyléptékű kék-zöld infrastruktúra fejlesztésre. Egy nagy víztározó kapacitású "kék-zöld öv" létrehozásával az átmeneti zóna fontos szerepet tölthet be a belső zóna vízelvezető rendszerének tehermentesítésében.

Az átmeneti zóna két meghatározó, nagy potenciálú beépítési típusa a lakótelepek és a rozsdaterületek. Mindkét területtípus előnyös tulajdonságokkal rendelkezik az SURM fejlesztés számára. A lakótelepek esetében nagy zöldterületek állnak rendelkezésre önkormányzati tulajdonban és fenntartásban, a rozsdaterületeknél szintén előnyt jelentenek a nagyméretű beépítetlen területek, valamint a még formálható leendő területhasználat. Budapest csatornarendszerének sugaras kialakítása miatt a csapadékot a belső zónába szállító vezetékek és a vízfolyások egy része is áthalad ezen a zónán (pl. Rákos-patak). Ezért a zónában kialakított nagyméretű víztározó és visszatartó eszközök tehermentesítik a belső zónát és csökkentik az elöntések előfordulási valószínűségét.

T5: A budapesti kék-zöld infrastruktúra fejlesztés ösztönzésének legfontosabb eszközei a következők:

- a. a barnamezős területeken prevenció jellegű területhasználati szabályozása a kék-zöld infrastruktúra területigényének biztosítására
- b. a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás elveinek és eszközeinek integrálása a zajló és tervezett szabadtérfejlesztési projektekbe
- c. a családi ház tulajdonosok és a történelmi városrész ingatlan tulajdonosainak bevonása és ösztönzése és támogatása

Az SURM fejlesztés számára legfontosabb területek és azok stakeholderjeinek összevetéséből a dolgozat kimutatta, mely célcsoportokat elérve lehet ezeket a területeket aktiválni. Az ismertetett ösztönző intézkedések megvalósítása nem igényel nagy anyagi forrásokat, hanem szervezeti döntéseken múlik, ami rámutat a városvezetés kulcsszerepére a változások elindításában.

T6: Általánosan alkalmazható módszertan alkottam a városi környezet lokális adottságainak megfelelő kék-zöld infrastruktúra eszközök kiválasztására. Egy tipikus szocialista lakótelep adottságai lehetővé teszik a kék-zöld infrastruktúra eszközök széles skálájának alkalmazhatóságát. Ezen eszközök képesek jelentősen és hatékonyan csökkenteni a csapadékvíz lefolyást és a csúcshozamot.

Az alkotott módszertan figyelembe veszi a helyi adottságokat és ennek tulajdonságai alapján értékeli a BGI eszközök megfelelőségét az adott környezetben. A módszertan más beépítési típusokra is alkalmazható, így további kutatások alapjául szolgálhat. A módszertan használatával

kimutattam, hogy Őrmező lakótelep minden ismertetett BGI eszköz alkalmazására megfelel.

Az Őrmezőre készített lefolyásszámítás kimutatta, hogy a kék-zöld infrastruktúra még kötöttebb talaj esetén is ( $k_f=1 \cdot 10^{-6}$ ) képes a 4-éves csapadék 77%-át és a 33-éves csapadék 78%-át visszatartani. A számítás azt is megmutatta, hogy egy alacsonyabb intenzitású, de hosszan tartó, csendes eső vízhozama jelentősebb lehet, mint a nagy intenzitású, rövid időtartamúé. A kék-zöld infrastruktúra elemek méretezésénél ezért hosszabb csapadék időtartamok használatára van szükség, mint a tradicionális csatornaméretezésnél.

T7: A csapadékvíz helybentartása nem feltétlenül növeli a párologást. A kék-zöld infrastruktúra pozitív városklimatikai hatásának biztosítása érdekében éves vízmérleg modellezés alkalmazása szükséges a tervezési folyamat során.

A csapadékvíz-gazdálkodási eszközök méretezése során többnyire csak a rövidtávú szempontok, azaz a vízvisszatartó képesség érvényesül. A területre végzett éves vízháztartás modellezés megmutatta, hogy a rövidtávú célokat kielégítő csapadékvíz-gazdálkodási eszközök akár negatív hatással is lehetnek a hosszútávú, klímaszabályozási célokra. A jelentős szikkasztóképesség ugyanúgy megakadályozza a felszíni párologást, mint a csapadék csatornába vezetése. A megfelelő párologási arány eléréséhez éves vízháztartás modellezéssel kell vizsgálni a terv hatását és biztosítani, hogy megfelelő mennyiségű, magas párologási arányú felület és BGI eszköz kerüljön elhelyezésre.

## Következtetések és javaslatok

A dolgozat a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás legújabb nemzetközi kutatási irányainak és gyakorlatainak vizsgálatával kontextusba helyezte és Budapestet és módszertant és eszközöket definiált annak hazai adaptációjára. A kutatás az első vizsgálat Magyarországon, mely a csapadékvíz helybentartásának lehetőségeit a természeti adottságok, a települési területhasználat, a zöldinfrastruktúra és a vízelvezető hálózat figyelembevételével, komplex egységben elemzi. A dolgozat összegyűjtötte a Magyarországon elérhető adatforrásokat és rámutatott azok hiányosságaira is, mely alapul szolgálhat további kutatások számára.

Az Örmező vizsgálati területére végzett lefolyásszámítás nem csak a kék-zöldinfrastruktúra hatékonyságát bizonyítja egy tipikus szocialista lakótelep esetében, de életszerű példán szemlélteti a tervezési folyamat lehetséges lépéseit is. A dolgozat a vízháztartás modellezésén keresztül a jelenlegi magyarországi csapadékvíz-gazdálkodásban még nem használt és figyelembevett, fontos új módszertant mutat be a települési csapadékvíz-gazdálkodás kutatása és tervezése számára.

A tudományos eredmények mellett a kutatás ajánlásokat fogalmazott meg a jogi és szervezeti rendszer átalakítására, valamint az SURM tervezésének a meglévő tervezési hierarchiába történő integrálására. A nemzetközi esettanulmányok és a budapesti terv hierarchia alapján a következő új tervtípusokat bevezetését javaslom a vízgazdálkodás és a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás tervezéséhez:



- **Integrált Vízgazdálkodási Stratégia:** a városi integrált vízgazdálkodás átfogó, hosszútávú fejlesztését koordináló terv, melynek része a csapadékvíz-kezelés is
- **Csapadékvíz-gazdálkodási Program:** felvázolja a csapadékvíz-gazdálkodás középtávú céljait (pl. vízminőség vagy a lefolyáscsökkentés mértéke) a város vízgyűjtőin
- **Csapadékvíz-gazdálkodási Akciótervek:** rövid távú cselekvési tervek, amelyek egyes kiemelt területek kék-zöld infrastruktúra fejlesztését koordinálják (pl. lakótelepek vagy iskolai kertek)

A dolgozat három kiegészítést javasol a fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás céljainak érvényesítésére a területfelhasználási szabályozáson keresztül:

- **A minimális zöldterület arány felülvizsgálata:** az érték felülvizsgálata és szükség esetén növelése segítheti a kék-zöld infrastruktúra helyigényének biztosítását.
- **„Maximális lefolyási tényező” meghatározása:** egy területhasználati kategóriához kötött maximum lefolyási tényező meghatározása könnyen értelmezhető elvárást jelenthet a tervezők és befektetők számára. A tényező az épületmagassághoz hasonlóan akár városi tömb szinten is definiálható, melynek értékeit a Csapadékvíz-gazdálkodási Program szabhatja meg.
- **„Vízgazdálkodási pufferzóna” területfelhasználási kategória:** egy új vízgazdálkodási kategória létrehozása lehetővé tehetné a vízgazdálkodási célok átfedését más területhasználatokkal és a vízvisszatartási célértékek kötelező figyelembevételét az új beépítés tervezésének kezdetétől.

A Csapadékvíz-gazdálkodási Program lefolyási célértékeinek betartására ajánlott a **“Csapadékvíz-gazdálkodási Engedélyezési Terv”** bevezetése, melyben a tervezőnek bizonyítani kell, hogy a tervezési terület lefolyása nem nagyobb a szabályozási előírások által engedélyezett lefolyási értéknél.

A dolgozat eredményei újabb kutatások alapjául szolgálhatnak és remélhetően hozzájárulhatnak Budapest Csapadékgazdálkodási Tervének megszületéséhez.

## A témakörhöz kapcsolódó saját publikációk

Könyv és könyvfejezet

CSIZMADIA, D. (2016): *Vízérzékeny tervezés a szabadtereken*. ISBN: 978-963-9669-12-3 Tervezői segédlet. Budapest: Fővárosi Főpolgármesteri Hivatal.

CSIZMADIA, D. (2016): Die Rolle der Donau in der Entwicklung des ökologischen Netzwerks der Stadt Budapest. In: *Donau-Stadt-Landschaften*. Berlin:

Folyóiratcikkek

CSIZMADIA, D. SÄUMEL, I. PILLE, L. SZILÁGYI, K. BALOGH, P. I. (2017): Water sensitive design potentials in Paris, Berlin, and Budapest revisited. *Czasopismo Techniczne (Technical transactions)*, 114 113-123 pp.

Konferenciakiadványok

CSIZMADIA, D. SZILÁGYI, K. BALOGH P. I. (2017): A budapesti kék-zöld infrastruktúra fejlesztése a fenntartható városi vízgazdálkodás eszközeivel. *Ifjú tehetségek találkozója*. 139-149 pp.

CSIZMADIA, D. SZILÁGYI, K. BALOGH, P. I. SÄUMEL, I. (2017): More than green: implementation of multifunctional blue-green infrastructure in residential areas of European cities. *Acta Horticulturae*, 1189 553-556 pp.

A témában tartott előadások

CSIZMADIA, D. (2016): Kék-zöld infrastruktúra fejlesztés a biztonságosabb és élhetőbb városokért. Nemzetközi példák és hazai adaptációs lehetőségek. Települési Csapadékvízgazdálkodási Konferencia. Baja.

CSIZMADIA, D. (2017): A zöldinfrastruktúra szerepe a fenntartható városi csapadékvíz gazdálkodásban Green-city Konferencia. Budapest.

CSIZMADIA, D. (2016): Strategies for sustainable urban water management in European metropolises. Annual Meeting of the Gesellschaft für Ökologie. Marburg.