

A VÁROSI ZÖLD INFRASTRUKTÚRA VÍZGAZDÁLKODÁSBAN BETÖLTÖTT SZEREPÉNEK VIZSGÁLATA SZEGED PÉLDÁJÁN

CSETE ÁKOS KRISTÓF^{1*}, GULYÁS ÁGNES¹

¹ Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék

*e-mail: cseteaki@gmail.com

Absztrakt

A sajátos felépítésből és a mesterséges anyagok használatából adódóan a városi vízgazdálkodás igen komplex kérdéskör, ugyanakkor a városokban található víz mennyiségének és minőségének kérdése a klímaváltozás kapcsán egyre nagyobb jelentőséggel bír. Az időjárási szélsőségekből adódó veszélyhelyzetek napjaink fontos tényezőivé válnak. A városi zöldinfrastruktúra jelentős szerepet tölt be e csapadékesemények hatásának tompításában. Kutatásomban arra keresem a választ, hogy a fás növényzet, milyen befolyással bír a lefolyásra, illetve a felszínre kerülő víz összmenyiségére. Ehhez az USA-ban kidolgozott UFORE Hydro modellen alapuló i-Tree Hydro szoftvert használtam. A vizsgálatomat Szeged belvárosában egy erősen beépített városrészben és a város központi parkjának (Széchenyi tér) területén végeztem. A modell előzetes eredményei alapján a növényzet lefolyásra gyakorolt hatásáról, az intercepció és az evaporáció mértékéről kaphatunk információkat. Az intercepció során a növényzet a felszínre kerülő csapadék közel 18%-át, míg a teljes csapadék 4%-át fogta fel. Alternatív felszínborítási viszonyokat vizsgálva a városi vízgazdálkodás tervezésében is nagy szerepe lehet a modell alkalmazásának.

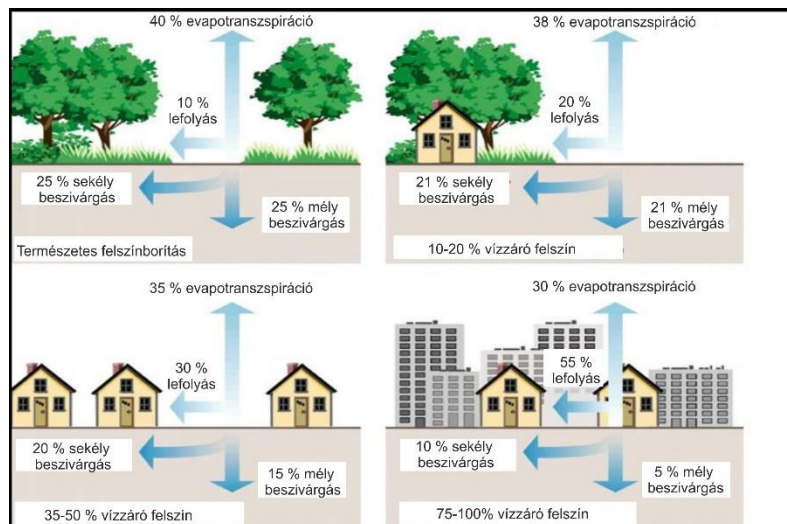
Bevezetés

A zöldinfrastruktúra napjaink várostervezésének egyik fontos eleme, amely összekötetést teremt a természetes és a mesterséges elemek között. A városi növényzet alkalmazása a vízgazdálkodási rendszerekben a zöldinfrastruktúra integrálásán alapul (Buzás 2012).

Ezeket összefoglalóan NBS rendszereknek nevezzük (natural-base solutions), azaz természetes folyamatokon alapuló lehetőségek. Ezek a módszerek alapvetően a természetes folyamatok jellemzőit integrálják a már meglévő hagyományos infrastruktúrába és próbálják mind a két típusú módszer előnyeit kihasználni (Raymond et. al 2017). A három legismertebb vízgazdálkodáshoz kapcsolódó fenntartható szemléletű rendszer: a WSUD (Water Sensitive Urban Design), a LID (Low Impact Design) és a SUDS (Sustainable Drainage). A növényzet



alkalmazása és integrálása kiemelt szempont ezekben a rendszerekben. A zöldinfrastruktúra részeként a növényzet - azon belül is kimondottan a fás növényzet, méretbeli és fiziológiai tulajdonságaik miatt - jelentős szerepet tölt be a városok vízgazdálkodásában az intercepció és evaporáció következtében érvényesülő lefolyás mérséklésben (Xiao and McPherson 2002) (1. ábra). A fák városökológiában betöltött szerepe sokrétű, a lefolyás mérséklése mellett hatással vannak a városi mikroklímára, a szennyező anyagok csökkentésére is (Berland et. al 2017).



1. ábra: A megváltozott felszínborítás hatása a vízgazdálkodásra (U.S. EPA 2007 nyomán)

Mintaterület

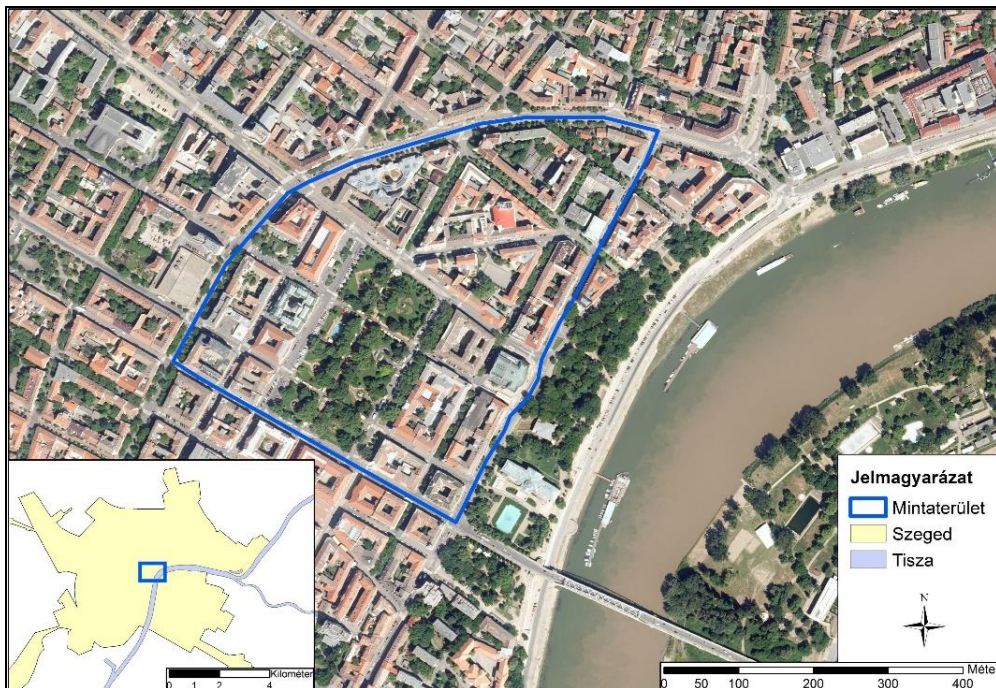
A vizsgálat mintaterülete (0,19715 km²) a Széchenyi tér (amely Szeged legnagyobb, leglátogatottabb tere és egyben a város egyik legnagyobb zöldfelülete) és a környező épülettömbök (2. ábra). A teret körülölelő belvárosban jelentős a vízzáró burkolatok aránya, ami a vizsgálat szempontjából kiemelt jelentőségű, hiszen az eltérő vízáteresztéssel jellemezhető felszínek közötti különbség nagyban meghatározza a lefolyási/beszivárgási viszonyokat. A kijelölt terület kompakt (ezért vizsgálata is könnyebben kivitelezhető), ugyanakkor felszínborítása változatos. Jellemzők a vízzáró aszfalttal/betonnal borított utak és járdák, valamint kis mértékben az áteresztő térkő burkolatok. A felszíni vízvezetés csatornahálózattal megoldott, amely azonban nem minden esetben működik megfelelő hatékonysággal.

A keskenyebb, de magas utca kanyonokban, ahol a járdaszegély éles peremmel válik el az úttesttől, a többletvíz gyakran az felszínen marad, és nem tud elszivárogni. A Széchenyi tér többnyire gyeppel fedett, aszfalt utakkal megszakítva. Fás növényzete alapvetően juharlevelű platánból (*Platanus x hybrida*) áll, de ezenkívül jellemző a nagy levelű hárs (*Tilia plathyphyllos*), ezüst hárs (*Tilia tomentosa*), a nyugati ostorfa (*Celtis occidentalis*) is. A téren található továbbá tiszafa (*Taxus baccata*) és fekete fenyő (*Pinus nigra*) is.

Az i-Tree Hydro nemzetközi használatának korlátozottsága miatt az USA területén szükséges volt egy Szegedhez hasonló klímával rendelkező referencia város kijelölése [1]. Ezt a modellt alapjául szolgáló csapadék fájl felépítése indokolta. Több klíma paraméter figyelembevételével a választás végül a Kansas állam észak-nyugati részén található



Goodland városára esett, amely a Köppen-féle klímabeosztás alapján hasonló értékekkel rendelkezik, mint Szeged városa.



2. ábra: A vizsgálat mintaterülete

Módszerek

A vizsgálat az UFORE Hydro hidrológia modell eredményein alapszik, amely az i-Tree program család részeként érhető el. A Hydro szoftver több szempontból is hiánypótló, hiszen városi körülmények között használható, a vegetáció szerepét is figyelembe vevő szoftverből kevés áll rendelkezésre. Az Egyesült Államokon kívüli használat korlátozottsága miatt van szükség USA-beli referencia terület választásra is, de futtatása Magyarországról is megoldható. A Hydro alkalmas jelenlegi és múltbéli csapadék események vizsgálatára, így tehát időbeli összehasonlításra is lehetőség nyílik. A modell fontos eleme a felszínborítási típusok megadása, amely arányának alternatív megváltoztatására is van lehetőségünk, így egyfajta predikciót adhatunk arra nézve, hogy a jövőbeli változások milyen hatásokat idézhetnek elő a város hidrológiai ciklusában. A modell input paraméterei között kiemelt szerep jut a csapadék adatoknak, amelyek jelen vizsgálat esetében a 2012. január 1. és december 31. közötti órás felbontású csapadék adatokat jelenti. A felszínborítási kategóriák lehatárolása eCognition 9.1 Developer program segítségével történt. A kategóriák lehatárolásához egy 2015. júniusi 4 sávú Ultra Cam X légi felvételt használtunk, amelynek geometriai felbontása 0,4 m-es (Földmérési és Távérzékelési Intézet Archívuma). A fák alatti felszínborítási meghatározása egy 2011. márciusi lombtalan légi fotó felhasználásával történt (SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék Alkalmazott Geoinformatikai Labor). Ezekből a képekből származtatott NDVI érték és egy 2007-es terepmodell segítségével készült el a valós felszínborítási térkép. A lehatárolás eredményeként egy összeségében, a terület 100%-át lefedő felszínborítási térkép állt elő (3. ábra) (1. táblázat).





3. ábra: A felszínborítási osztályok lehatárolása

A lehatárolás első lépése a szegmentáció, amely során viszonylag egységes méretű és kompaktáltságú egységek jöttek létre. Az épületek és vízzáró felszínek (utak) típusba sorolása egy épület adatbázis és a 2015-ös légi fotóból származtatott NDVI érték alapján történt. A növényzeten belüli típusok elkülönítése magassági határértékeken és a maximális differencián alapult. A lehatárolás pontosságát manuális osztályba sorolással növeltem, amelynek eredményeként, minden osztály teljes pontossági értéke 85 % feletti volt.

1. táblázat: A felszínborítási típusok százalékos aránya

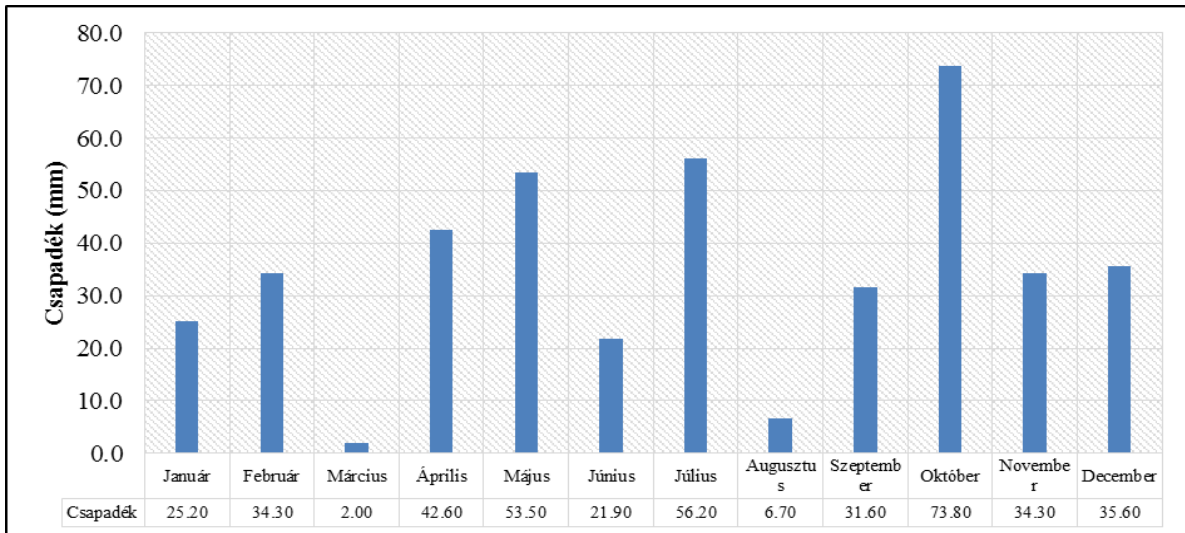
Felszínborítási típusok	Fa	Gyep	Cserje	Vízzáró felszín /épület	Talaj	Vízfelszín
Százalékos arány	22,46%	3,12%	0,11%	73,65%	0,53%	0,13%

A felszínborítási arányok mellett meg kell határozunk az örökzöld fa borítást (3,4%) és az örökzöld cserje borítást (25%) is. Emellett a növényzet levélfelület-indexét is meg kell adnunk: fák (4,7), cserjék (2,2), gyep (1,6). Fontos paraméter a „Directly Connected Impervious Area” (DCIA), amelyet a vízzáró felületeken belüli százalékos arányban kell definiálni. A Sutherland-féle egyenlet alapján mintaterületemen ez az érték 63%. (U.S. EPA 2010). További lépésekben a modellbe talajtani és egyéb hidrológiai paramétereket is megadhatunk, amelyek kiemelt fontosságúak a feldolgozás szempontjából (Wang et. al 2008). A modell lefutott eredményei között szerepel a teljes lefolyás, a vízzáró és áteresztő felszínek lefolyása, illetve a növényzet intercepciója és evaporációja.



Eredmények

A vizsgálat alapját a valós felszínborítási viszonyok képezik. A csapadék adatok a 2012-es évből származnak, amely során 417,7 mm csapadék hullott (ez a mintaterületre vetítve éves szinten 82349,55 m³ csapadék). A nyári és a tavaszi hónapok havi csapadék eloszlása nagyon változatos volt. A legtöbb csapadék az őszi évszakban hullott kb. 140 mm, míg a legszárazabb periódus a nyár 85 mm csapadékkal. A havi átlag csapadék mennyisége 35 mm, amelytől jelentős eltérések vannak mindkét irányba (4. ábra).

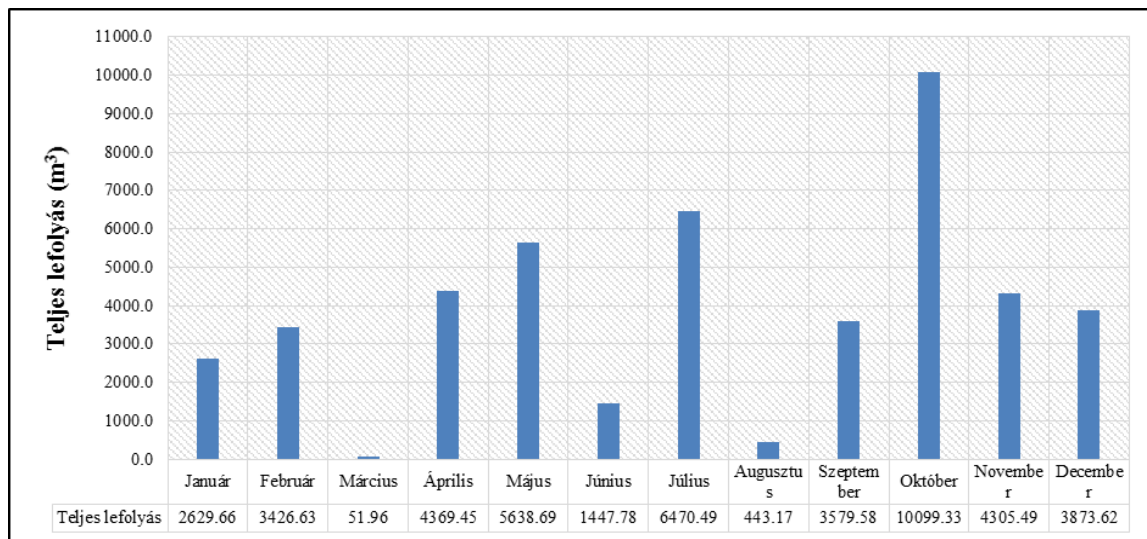


4. ábra: A csapadék havi eloszlása (2012)

A lefolyással kapcsolatos eredményeket a modell a teljes lefolyás értékeiben összegzi, amely tartalmazza az alapvízhozamot, és a felszíni lefolyás két összetevőjét: a vízzáró felszínnek lefolyását és az áteresztő felszínnek lefolyását. A vízzáró és áteresztő felszínnek lefolyásának értékei közötti különbség szemléletesen fejezi ki hogy mennyire befolyásolja a lefolyást az, hogy az adott felszínt mesterséges burkolat vagy növényzet borítja. Az alapvízhozam értékeinél a csapadékmentes időszakban a felszín alatti vizekből táplálkozó alapvízhozam (lefolyás) szerepel (Wang et. al 2008).

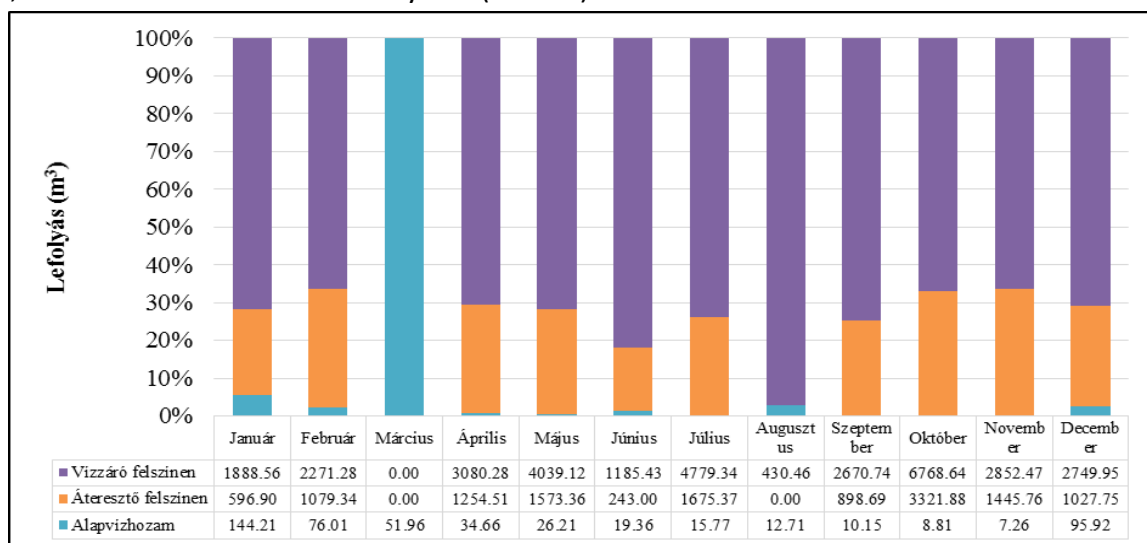
A teljes lefolyás mennyiségét jelentősen befolyásolja az adott időszak csapadékmennyisége és a növényzet hatása (intercepció, evaporáció). 2012-ben a teljes lefolyás 46 335,85 m³ volt. A területre éves szinten 82 349,55 m³ csapadék hullik, amelynek így közel 56% lefolyik a térszínről. A lefolyás mennyiségét legnagyobb mértékben a csapadék határozza meg, ezért is követi annak trendjeit. Lefolyás tekintetében kiemelkedő hónapnak számít az október, az évi lefolyás közel negyedével (10 099,33 m³), illetve július és május. A lefolyási értékeket nézve a legnagyobb mennyiségű lefolyás az őszi évszakban következett be (17984,40 m³), a legkevesebb pedig a nyári évszakban (8361,44 m³) (5. ábra).





5. ábra: A havi teljes lefolyás (2012)

A teljes lefolyást komponenseire bontva az alapvízhozam éves szinten 503,02 m³, a vízzáró felszín lefolyása 32 716,27 m³, az átteresztő felszín lefolyása pedig 13 116,56 m³. A kapott értékekből látható, hogy a Széchenyi tér és környékét jelentő mintaterületen a vízzáró felszín lefolyása a legnagyobb mértékű. Ha a területre érkező teljes csapadék mennyiséghez viszonyítjuk az adatokat, akkor a csapadék 39,7%-a vízzáró felületeken, míg 15,9%-a átteresztő felszíneken folyik le (6. ábra).

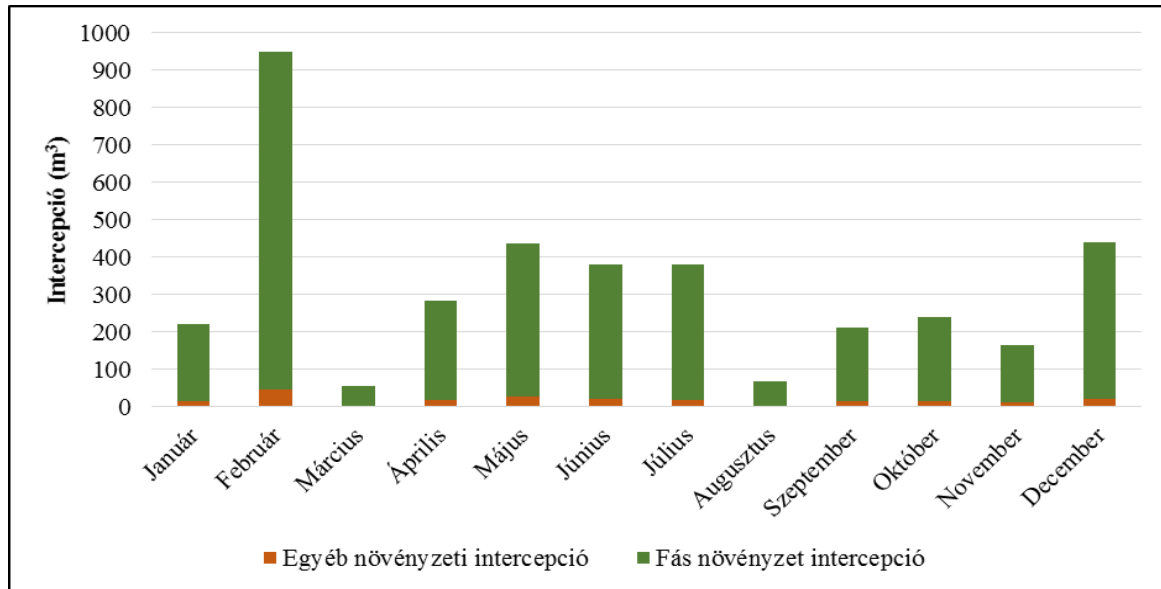


6. ábra: A lefolyás komponensek havi bontásban (2012)

A három komponens közül a legdominánsabb a vízzáró felületek lefolyása, amely a vízzáró felületek arányából is következik. Az alapvízhozam kis részarányt képvisel a teljes lefolyáson belül kivéve a március hónapot, amikor minimális csapadék következtében a lefolyást csak az alapvízhozam értékei határozták meg. A vízzáró felszín és az átteresztő felszín lefolyása mindkét esetben nyáron éri el a minimumát, és ősszel a maximumát. Ehhez hozzájárul a nyári időszakban a magasabb evapotranszpiráció, a növényzet magasabb intercepciója és az alapvetően alacsonyabb csapadékösszeg.



Az alapszenárió során lejátszódó intercepció és evaporáció mennyiségéről szintén m^3 -ben kapunk eredményeket. A mintaterületre $82349,55 m^3$ csapadék hullott, amelyből a növényzettel fedett felszíneket $21130,89 m^3$ érte el (a teljes csapadékmennyiség 25,6%-a). A növényzetet két kategóriára bonthatjuk szét a fákra és az egyéb növényzetre (cserjék, gyepek). A fákra hulló csapadék mennyisége a teljes csapadék mennyiség 22,46%-át teszi ki. Az egyéb növényzeti típusok jóval kisebb hatással vannak a vízgazdálkodási folyamatokra.

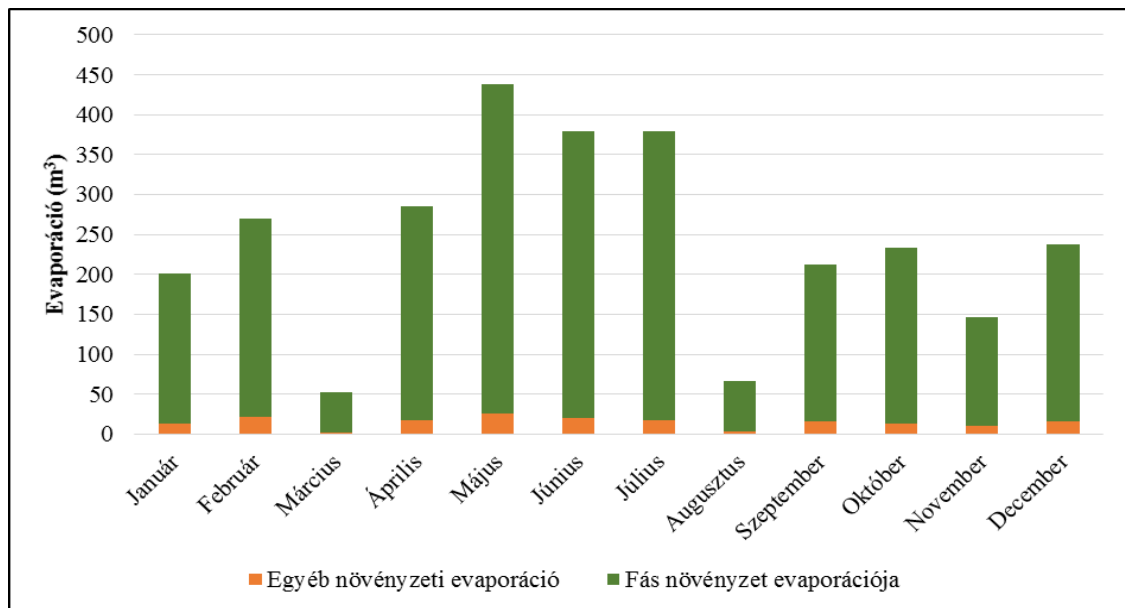


7. ábra: A növényzet intercepciója

A növényzet teljes intercepciója $3829,25 m^3$ volt a vizsgált időszak során, amely a növényzetre hullott csapadékmennyiség 18,12%-a. Ebből a fás növényzet intercepciója $3619,96 m^3$ -t tett ki. Ez a mennyiség a teljes területre jutó csapadék közel 4%-a, amely a növényzet és a fák alacsony arányához képest jelentős (7. ábra). A fennmaradó vízmennyiség többi része lefolyásra kerül, evaporálódik, illetve a talaj mélyebb rétegeibe szivárog. Az intercepciót havi bontásban elemezve az figyelhető meg, hogy átlagosan április és július hónapok között volt a legmagasabb az intercepció mértéke. A február hónap kiugró értékű intercepciója a nagymennyiségű hó formájú csapadéknak köszönhető. Téli időszakban gyenge az evaporáció és ennek következtében nagyobb mértékben tud a hóformátumú csapadék a fák törzsén és ágain megtapadni.

A növényzet evaporációja (jelen esetben a növényzet felületén tárolt vízmennyiség párolgása), nagyban függ az adott időszak hőmérsékletétől és csapadék mennyiségétől. Március és augusztus hónapban az evaporáció mennyisége elenyésző, ez a nagyon alacsony csapadékmennyiségnek volt köszönhető. Az őszi és téli hónapok evaporációja viszonylag kiegyenlítettnek tekinthető, hiszen nincsenek nagy kiugrások, a hónapok átlagos evaporációs mennyisége $150-250 m^3$ körül alakul (8. ábra). Április és július hónapok között legnagyobb a növényzet evaporációs hatékonysága. Ennek oka, hogy ebben az időszakban a növényzet teljes lombzatban van, így az intercepció és a felületi párolgás is magas hatékonysággal tud működni.





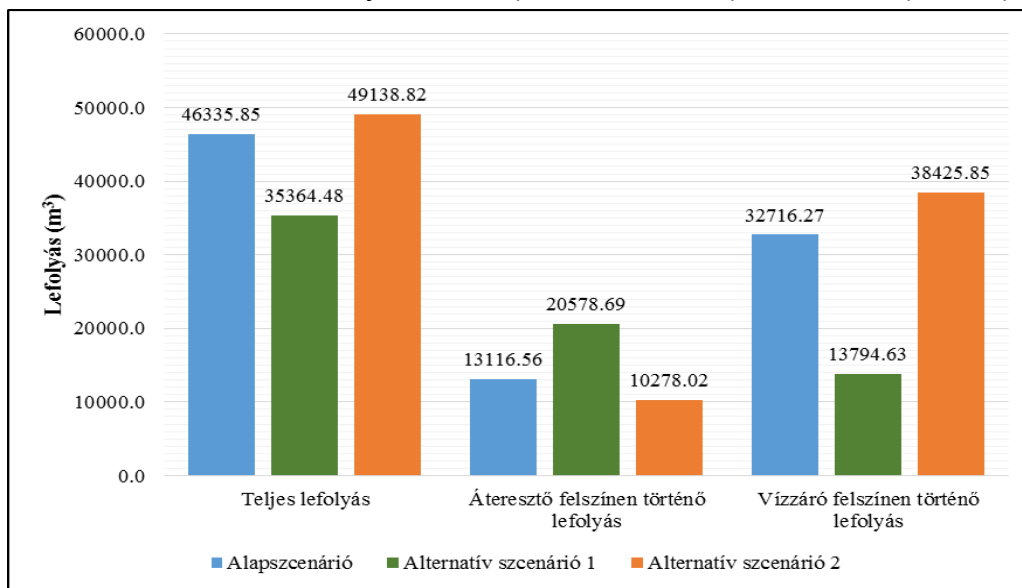
8.ábra: A növényzet evaporációja

A Hydro modellben az alapeset mellett megadhatunk megváltoztatott felszínborítási arányokat, így szemléltetve a területen bekövetkező változások hatásait. Jelen esetben két alternatív scenáriót vizsgáltam meg. Alternatív scenárió 1: növényzet 25%-os növelése (amelyből 12,5% a fakorona borítás növelése), vízzáró felszín 25%-os csökkentése; Alternatív scenárió 2: növényzet 6%-os csökkentése (amelyből 5% a fakorona borítás csökkentése), vízzáró felszín 6%-os növelése. A lefolyási komponensek és a teljes lefolyás is más-más mértékben tér el az alternatív scenáriókban az alapesettől. A teljes lefolyás az alapszenárió szerint 46335,85 m³ évente, addig ez az érték a vegetáció növelésével 35364,48 m³-re csökkent. Ezzel szemben, a vegetáció városi viszonylatban jelentős mértékű csökkentésével, a teljes lefolyás a második alternatív scenárióban 49138,82 m³-re növekedett. A növényzet és az áteresztő felszín pozitív hatása leginkább a teljes lefolyás éves mennyiségében érhető tetten. A növényzet csökkentésével és a vízzáró felszín növelésével a pozitív hatások csökkennek és a lefolyás mennyisége a vegetáció borítástól függően csökken. Ezek a változások a komponensekre lebontva is megfigyelhetők, hiszen külön-külön bontva is érzékelhető a vegetáció megváltozásának hatása.

Az alap eset szerint a területen az áteresztő felszín lefolyása 13116,56 m³ volt az év során. A vegetáció növelésével ez az érték az első scenárió szerint nőtt, még pedig 20578,69 m³-re. Ez annak köszönhető, hogy a magasabb növényzeti borítottság egyben a vízáteresztő felszín arányának növekedését is jelenti. A lefolyás növekedése látszólag kedvezőtlen, ám a mértéke messze nem akkora, mintha a vízzáró felszín arányát növeltük volna. Az áteresztő felszíneken ugyanis a tározódás, az infiltráció és az evaporáció is nagyobb mértékű lehet, amelynek következtében kevesebb vízmennyiség kerül lefolyásra, mint azonos területű vízzáró felszín esetében. A csökkentett vegetáció állományú (Alternatív scenárió 2.) scenárió esetében az áteresztő felszíni lefolyás 10278,02 m³-re mérséklődött. A vízzáró felszín lefolyása az alapesetben a 32716,27 m³ volt, amely az első scenárió esetében

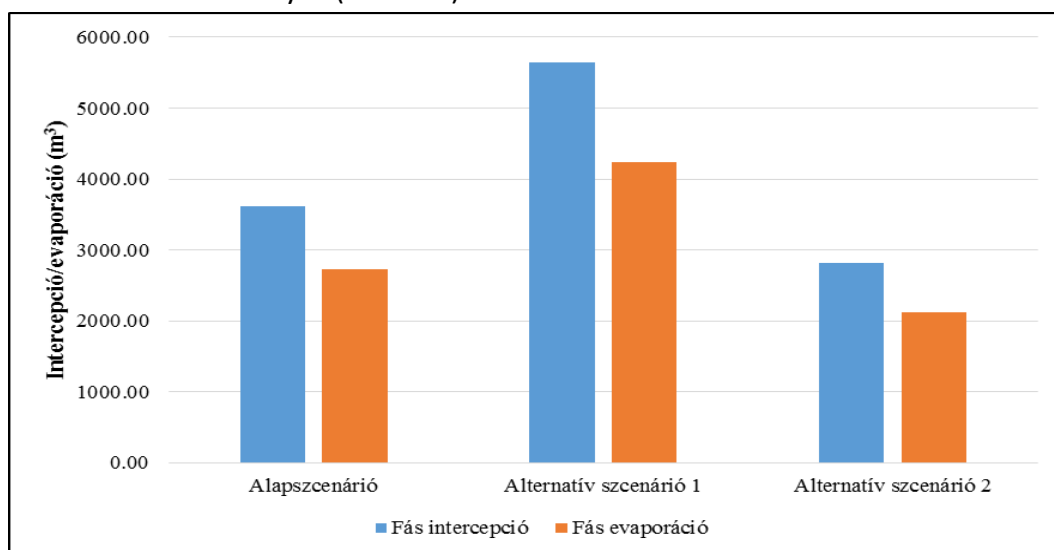


nagyon jelentős mértékben, közel harmadára (13794,63 m³-re) csökkent. Ezzel szemben a második scenárió szerint az érték jelentősen (38425,85 m³-re) növekedett (9. ábra).



9. ábra: A három scenárió összehasonlítása

Az alapeset fás intercepciója 3620 m³ volt éves szinten. A fakorona borítás 12,5 %-os növelésével ez az érték 5640 m³-re növekedhetne. Míg az alapeset szerint a teljes területre érkező éves csapadék 4,4%-át fogta fel a fás növényzet, addig ez az első alternatív scenárió esetében 6,8%-ra módosult. A második alternatív scenárió szerint, amely a növényzet csökkenésével számol, 2820 m³-re csökkenne a fák intercepciója az év során, vagyis a teljes csapadékhöz viszonyított hatékonysága 3,4%-ra csökkenne. Az evaporáció (az alap eset 2722 m³-es értékéhez képest) az első scenárióban 4242 m³-re növekedett, míg a második scenárió esetében ez 2121 m³-re csökkent. A fák arányának növelésével jelentős, több mint 1500 m³-es evaporációs növekedést könnyelhetünk el, míg a fák arányának csökkentése 600 m³-es csökkenést eredményez (10. ábra).



10. ábra: A scenáriók fás intercepciója és evaporációja



Összegzés

A fenntartható városi vízgazdálkodási rendszerek alapvető feltétele a zöldinfrastruktúra megfelelő integrálása a városi környezetbe. A zöldinfrastruktúra jelentős hatást gyakorolhat a városi vízgazdálkodásra főleg a fásszárú növényzetnek köszönhetően. A városi árvizek és a hirtelen lehulló csapadékok következtében megnövekedett felszíni lefolyás mérséklésében kiemelt szerep juthat a növényzetnek. E mérséklő hatásának a mérése erőforrás- és időigényes feladat, amelyben segítséget nyújthat modellek felállítása és futtatása. A vizsgálatomban feltárt összefüggések jól mutatják, hogy a városi növényzet az intercepció és az evaporáció révén jelentős mértékben hozzájárulhat a lefolyás csökkentéséhez. A különböző scenáriók felállítása teszi alkalmassá az i-Tree Hydro-t városrendezési tervek és beruházások jövőbeli hatásának becslésére.

Az általam vizsgált mintaterület jól példázza, hogy a növényzet a Széchenyi téren és környékén jelentős mértékben csökkenti a lefolyást. A különböző scenáriók a terület esetleges változását mutatják be. A fák arányának növelése minden téren pozitív előre lépés, hiszen az intercepció és az evaporáció hatékonysága is nő, amely a lefolyás mérséklésében kiemelt jelentőségű. Azonban ha egy esetleges tér rekonstrukció vagy építkezés során jelentősebb mértékű fa kivágással (illetve vízzáró burkolat növeléssel) számolunk, a lefolyás mindenképpen nőni fog, a területi csökkenéssel arányban. A fenti adatokból körvonalazódik egy kép a növényzet és azon belül is fák pozitív hatásáról a városok vízgazdálkodásában.

A modell számos egyéb információt is szolgáltat a lefolyással kapcsolatban (felszíni tározódás, levélzetben tárolt vízmennyiség), amelyek a későbbiekben kerülnek elemzésre.

Köszönetnyilvánítás

A KUTATÁS „ AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA ÚNKP-16-2 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT”

Irodalomjegyzék

- Berland A., Shiflett S.A., Shuster W.D., Garmestani A.S., Goddard H.C., Herrmann D.L. and Hoptonc M.E. (2017). The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning* 162 167–177.
- Buzás K. (szerk.) (2012). *Települési csapadékvíz-gazdálkodás*. Budapest: TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft, 148 p.
- Raymond C.M., Berry P., Breil M., Nita M.R., Kabisch N., de Bel M., Enzi V., Frantzeskaki N., Geneletti D., Cardinaletti M., Lovinger L., Basnou C., Monteiro A., Robrecht H., Sgrigna G., Munari L. and Calfapietra C. (2017). *An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-based Solutions Projects*. Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas. Centre for Ecology & Hydrology



- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) (2007). Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices. Report No. EPA 841-F-07-006. Washington, D.C.
- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) (2010). EPA's Methodology to Calculate Baseline Estimates of Impervious Area (IA) and Directly Connected Impervious Area (DCIA) for Massachusetts Communities
- Wang J., Endreny T.A, and Nowak D.J. (2008). Mechanistic simulation of tree effects in an urban water balance model. *Journal Of The American Water Resources Association* Vol. 44, No. 1
- Xiao Q. and McPherson E.G. (2002). Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. *Urban Ecosystems*, 6: 291–302
- [1] i-Tree Hydro User's Manual v5.1. (2017).
https://www.itreetools.org/resources/manuals/Hydro_Manual_v5.1.pdf

