

Zöld infrastruktúra alkalmazásával elérhető vízminőség javulás mértékének becslése Debrecen példáján

Estimation of the potential runoff quality improvement as a result of applied green infrastructure measures in a hungarian town

G. HANCZ, J. BIRÓ

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Építőmérnöki Tanszék, hgabi@eng.unideb.hu, biroj@eng.unideb.hu

Absztrakt. A települési zöld infrastruktúra megoldásai javítják a felszíni- és felszín alatti vizek minőségét és a vízháztartást. A tanulmány célja becsléssel meghatározni, hogy az utak mentén alkalmazott települési zöld infrastruktúra megoldások milyen mértékű vízminőség javulást eredményezhetnek. Ez magas prioritást élvez az ivóvízbázis védelmi területeken, ahol az utakról lefolyó szennyezett csapadékvíz beszivárgással elérheti az ivóvízkészletet. A becslés első lépésében a vízbázis-védelmi területen lévő belterületi közutak felületét határozzuk meg térinformatikai módszerrel, majd az itt felhalmozódó jellemző szennyezőanyagok mennyiségét, végül a lefolyó csapadékvízből eltávolított szennyezőanyag mennyiségét határozzuk meg zöld infrastruktúra megoldásokat feltételezve. A végső cél az ivóvízkészletek védettségének növelése.

Abstract. Green infrastructure measures improves the quality of surface and subsurface waters along with increasing the water balance on the town level. The aim of the study is to estimate the potential runoff quality improvement by applying stormwater BMP-s along traffic roads in the town. This is of high priority in the aquifer protection area where runoff water may infiltrate into the aquifer carrying pollutants from the surface. Estimations are applied: first we determine the surface of traffic roads, then estimate the quantity of different kinds of pollutants accumulated on the surface and thirdly we estimate the expected performance of the applied green infrastructure elements based on findings in the literature. We determine the impervious urban surface area associated with transport-related functions within the protected drinking water recharge area using GIS technic using orthophotos. We estimate the expected reduction of runoff pollution assuming that stormwater BMP-s are applied in the area. The overall goal is to make the significance of diffuse pollution more obvious and enhance drinking water protection through taking diffuse pollution into consideration.

kulcsszavak: vízbázis védelem, korszerű, vízérzékeny várostervezés, térinformatikai rendszer

keywords: drinking water protection, stormwater management, water sensitive urban design, GIS

Bevezetés

Az urbanizáció a felszínen és a lefolyó csapadékvízben egyaránt növeli a szennyezőanyagok abszolút mennyiségét [19]. A közúthálózat vízzáró felületei a lebegő anyagok és a hozzájuk kötődő fémes nyomelemek, policiklikus aromás szénhidrogének és növényi tápanyagok kiemelkedő forrásait jelentik [22]. Ezért az utak diffúz szennyezőhatásának hatékony csökkentése érdekében szükséges megérteni az utak szennyezettségének mértékét és minőségét [29]. Az ivóvízellátás biztonsága érdekében vízbázisvédelmi területek hivatottak megakadályozni a szennyezőanyagok beszivárgását a felszínről a vízadó rétegekbe [1]. A vonatkozó kormányrendelet [5] a védőterületeken korlátozza a tervezett és a már működő szennyező tevékenységeket is. Bár az ivóvízbázisok területére eső közutak potenciális szennyezőforrást jelentenek, nyilvánvaló, hogy ez nem korlátozható területhasználat. Az országos vízgyűjtőgazdálkodási terv [16] a városi diffúz szennyezést az egyik legjelentősebb forrásként nevezi meg.

1. Szakirodalmi áttekintés

1.1. A lefolyó csapadékvíz mennyisége és minősége

Mivel a lefolyó záporvíz a vízgyűjtő sok egyedi pontjáról szállítja a szennyezőanyagokat, nehéz meghatározni a fajlagos terhelést [3, 20, 22, 25]. Az elsődleges szennyezőanyagok a lefolyó záporvízben a növényi tápanyagok, nehézfémek (pl. ólom, cink, réz, kadmium), szerves anyagok, patogének, lebegő anyagok és sók.

A városi területek záporvíz lefolyásának sebessége és mértéke is egyre nagyobb a növekvő arányú burkolt felület miatt [11]. A városi közutakról lefolyó záporvíz jellemző szennyezőanyagainak koncentrációját évtizedek óta vizsgálják [7,9, 12, 14, 24, 25], az EPA program keretében 1979 és 1983. között az USA 81 helyszínén 2300 zápor során gyűjtöttek adatokat [25]. Az 1. táblázatban összegezzük a jellemző értékeket, melyek nagy változékonyságot mutatnak az évszak-, hely-, forgalomnagyság-, csapadékmennyiség- és csapadékhintenzitás függvényében. Ezért, ha elérhető, éves terhelésadatokból célszerű számításokat végezni [17]. Éves közepes nehézfém terhelés adatokat tartalmaz a 2. táblázat háromszáz mintavételi hely adataiból [14].

PARAMÉTER	KONCENTRÁCIÓ			AZ ADAT FORRÁSA
	mérték-egység	min.	max.	
TSS, összes lebegő anyag	mg/l	74,00	937,00	[7]
ÖN	mg/l	0,50	18,30	[7]
ÖP	mg/l	0,23	0,34	[7]
Cl	mg/l	3,90	669,00	[7]
TPH	mg/l	0,70	6,60	[9,25]
COD	mg/l	63,00	146,00	[7]
PAH-ok	µg/l	0,24	17,10	[7]
olajok és zsírok	mg/l	0,20	3,00	[9, 25]
mikrobiológiai szennyezés	legvalószínűbb szám/100 ml	1,80	430,00	[9,25]

1. táblázat: A városi közutakról lefolyó záporvíz jellemző szennyezettség értékei; forrás: [7, 9, 25]

középérték [g/ha/év]	6,8	75	355	66	14	2018
paraméter	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn

2. táblázat: Számított éves közepes nehézfém terhelés értékek [14] alapján

1.2. Korszerű záporvíz kezelési módszerek

A korszerű záporvízkezelés szerint a problémákat a keletkezés helyéhez legközelebb történő beavatkozással előzzük meg [4, 13]. A természetes folyamatokra épülő záporvíz kezelési módszerek mindegyike magában foglalja a víz megtartását és beszivárogtatását elősegítő talajközeget. A korszerű záporvízkezelés módszerei a sok átfedést tartalmazó Legjobb Gyakorlat, a Fenntartható Városi Csapadékvízelvezetés, a Zöld Infrastruktúra és a Vízérzékeny Várostervezés módszerei. Ez utóbbi célja a fenntartható záporvízkezelés és várostervezés szempontjainak összehangolásával közelíteni a városi vízkörforgást a természeteshez [8]. Megemlítjük, hogy folynak kutatások ezen rendszerek felszín alatti vizek minőségét kockáztató hatásaival kapcsolatban is [12, 17, 27].

1.3. A természetközeli záporvíz kezelés folyamatai és teljesítménye

PARAMÉTER	adatok forrása				átlag %
	[28]	[15]	[10]	[12]	
	%				
TSS, összes lebegő anyag		86,00	82,50		84,25
nitrogén	97,00		40 ÷ 70		50,67
ÖN		58 ÷ 94	29,50	89,00	67,63
ÖP		58 ÷ 94	61,10	68,50	70,40
fémek	87,00	68 ÷ 93	85 ÷ 90		84,60
Pb		81,40	76,10	91,80	83,10
Zn		79,90	71,30	85,10	78,77
Ni				88,60	88,60
olajok és zsírok		81,00	82,00		81,50
mikrobiológiai szennyezés			90,00		90,00
BOI ₅	95,00				95,00
PAH-ok			85,30		85,30
átlag					73,83

3. táblázat: Bioszűrők szennyezőanyag eltávolítási hatásfoka %-ban [10, 12, 15, 28]

A korszerű záporvízkezelés egyre elterjedtebb technológiai csökkentik a lefolyási csúcsokat és javítják a lefolyó- és befogadó víz minőségét. A tisztítás folyamatai az ülepedés, szűrés, szorpció és biológiai kötés, ha növényeket is alkalmazunk [10,14]. A 3. táblázat a szennyezőanyag eltávolítás hatásfokát tünteti fel a beérkező záporvíz szennyezettségének százalékában [10, 12, 15, 17, 28] alapján. A súlyozás nélküli átlag 73,8 %-os eltávolítási hatásfok - ezzel végeztük az eltávolítható szennyezőanyag tömegének becslését.

2. Anyag és módszerek

2.1. Helyszín

Az esettanulmány helyszíne Debrecen belterületének az a része, ami egyben vízkészlet utánpótlódási- és vízbázisvédelmi terület is.

2.2. Adatok és eszközök ismertetése

- a vízbázisvédelmi terület határa – a helyileg illetékes Vízügyi Igazgatóságtól kaptuk digitalizált formában kutatási célra
- megrendeltük Debrecen 2005 nyarán készült 0,4m/px felbontású ortofotóját
- szabad hozzáférésű, 2017. évre vonatkozó forgalomadatok [23]
- szabad hozzáférésű, 2017. évre vonatkozó csapadékadatok [18]
- a nyílt forráskódú Open Jump térinformatikai szoftver

2.3. Az adatfeldolgozás módszere

2.3.1. A térinformatikai rendszer létrehozása

A városi területhasználat változatossága miatt a burkolt felületek pontos becslése továbbra is jelentős kihívást jelent [20, 21]. Az ortofotó megjelenésében a hagyományos fényképre hasonlít, de egységes méretarányal rendelkezik, így rajta pontos mérések végezhetők [26]. A saját tematikus térinformatikai rendszerünket az alábbi lépésekben hoztuk létre:

- Megnyitunk egy új Open Jump projectet.
- A projectünkbe új raszteres réteggént behívjuk az ortofotót.
- Létre hozunk tizenkét új réteget a különböző szélességű utaknak, melyek közvetlenül mérhetőek az ortofotón. Minden rétegben elhelyezzük az utak vektor vonalait (2. ábra).
- Létre hozunk egy új réteget a parkolóknak. Elhelyezzük benne a parkolókat ábrázoló vektor poligonokat.
- Létre hozunk egy új réteget a legforgalmasabb utakra.
- Területnagyságra vonatkozó adatlekérdezéseket hajtunk végre.

2.3.2. Az éves szennyezőanyag-terhelés számítása

A burkolt útról a csapadékkal lefolyó nehézfém-szennyezést úgy számítjuk, hogy a fajlagos terhelések értékeit [14] megszorozzuk a térinformatikai rendszerből lekérdezett területnagysággal és a burkolt felületekre alkalmazott lefolyási tényező értékével:

$$\text{szennyezőanyag-terhelés [kg/év]} = \text{fajlagos terhelés [kg/év/m}^2\text{]} / * \text{terület [m}^2\text{]} * 0,9$$

Amely paraméterre nincs fajlagos terhelés adat, a szakirodalomban talált szennyezőanyag koncentráció értéket szoroztuk a térinformatikai rendszerből lekérdezett területnagysággal és a burkolt felületekre alkalmazott lefolyási tényező értékével:

$$\text{szennyezőanyag-terhelés [kg/év]} = \text{koncentráció [mg/l]} / 1000 * [\text{mm}] / 1000 * \text{terület [m}^2] * 0,9$$

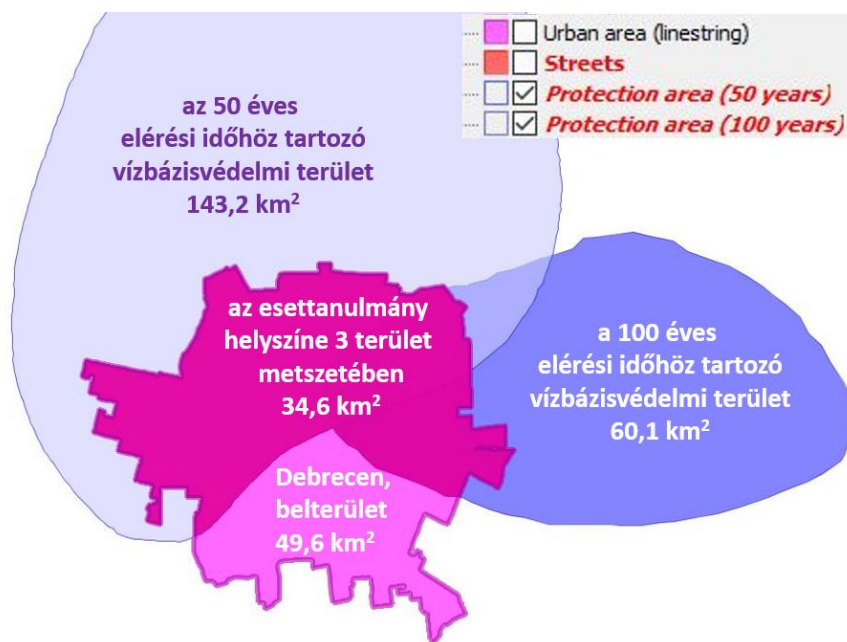
Bharat M. tanulmányában [3] módszertani segédletet ad a döntéshozók és tervezők kezébe, hogy a helyszínhez legjobban illeszkedő-, leghatékonyabb monitoring programot indítsák el.

A debreceni esettanulmány helyszínére a szennyezőanyag terhelés csökkenést az 1.3. fejezetben számított 73,8 %-os szennyezés eltávolítási hatásfokkal vettük figyelembe:

$$\text{szennyezőanyag csökkenés [kg/év]} = \text{szennyezőanyag-terhelés [kg/év]} * 73,8 [\%]/100$$

3. Eredmények

A debreceni vízbázisvédelmi terület nagysága (PA) 194,12 km² (1. ábra). Debrecen belterülete (UA) 49,64 km² (1. ábra). A debreceni vízbázisvédelmi terület és belterület metszetének nagysága (PA ∩ UA) 34,64 km² (1. ábra). A debreceni vízbázisvédelmi terület és belterület metszetén belül a vízzáró burkolattal ellátott utak területe 2,36 km² = 235,85 ha. Ez a terület (2. ábra) magában foglalja a gépkocsi parkolókat is.



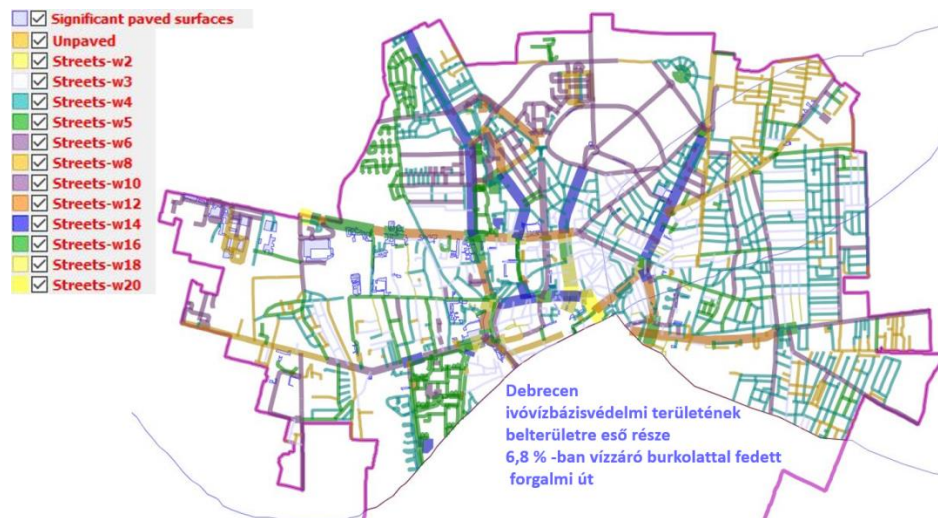
1. ábra: A térinformatikai rendszerből vett képkivágat (forrás: szerzők)

A vízbázisvédelmi területen a belterület aránya százalékban: $34,64/194,12 = 0,18 = 18 \%$.

A vízbázisvédelmi területre eső belterület az egész belterület arányában: $34,64/49,64 = 0,7 = 70 \%$.

A vízzáró burkolattal fedett terület a vízbázisvédelmi területen belül: $2,36/194,12 = 0,012 = 1,2 \%$.

A burkolattal fedett terület a vízbázisvédelmi területre eső belterületen $2,36/34,64 = 0,07 = 6,8 \%$, (2.ábra).



2. ábra: Debrecen ivóvízbázis-védelmi területének burkolt felülete (forrás: szerzők)

Azokból a fémekből, melyekre fajlagos adatok elérhetők, az előzőekben meghatározott 235,85 ha területen évente várhatóan 598 kg halmozódik fel. A 4. táblázat tartalmazza az éves terhelést kg-ban:

Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	összesen
1,6	17,7	83,7	15,6	3,3	475,9	597,8

4. táblázat: A vizsgált területről várható éves szennyezőanyag terhelés kg-ban

A legtöbb jellemző szennyező paraméter esetében az 1. táblázatban összegzett koncentrációértékek átlagával számolunk. Az 5. táblázat paraméterenként és összegezve tartalmazza az eredményt:

PARAMÉTER	koncentráció	éves terhelés
	[mg/l]	[kg/év]
TSS, összes lebegő anyag	505,50	579 420,51
ÖN	9,40	10 774,59
ÖP	0,29	326,68
Cl	336,45	385 649,91
TPH	3,65	4 183,75
COD	104,50	119 781,29
PAH-ok	8,67	9937,84
olajok és zsírok	1,60	1833,97
mikrobiológiai szennyezés	215,90	-
szennyezőanyag terhelés [kg/év]		1 111 908,5

5. táblázat: várható éves szennyezőanyag terhelés a vizsgált területen koncentráció értékekből

Az előzőekben számított terhelésértékek $1\,111\,908,5\text{ kg} + 597,8\text{ kg} = 1\,112\,506,3\text{ kg} = 1112,5\text{ tonna}$

Összegzés és javaslatok

A vízzáró burkolatok jelentős mértékben megváltoztatják a városi vízkörforgást. Ezek területének és területi eloszlásának ismerete nem csak vízgazdálkodási-, de egyéb városökológiai elemzésekhez is nélkülözhetetlen. A problémafelvetést még hangsúlyosabbá teszi, hogy az ötven éves elérési idejű

területnek nagyobb az átfedése a belterülettel. A vízgyűjtőgazdálkodási tervben javasoljuk a nagyobb forgalomnagysággal jellemezhető utak nyomvonalát kiemelten kezelni. A tanulmányban közölt becslés pontossága növelhető az egyes utcákban működő csatornarendszer típusának figyelembevételével. Bár az utcák takarítása több szennyezőanyag tekintetében nem vezet eredményre, jelentősen csökkentheti a száraz időszakban akkumulálódott szennyezőanyag tömegét, ezzel a lefolyó záporvíz szennyezettségét. Az esettanulmány helyszínén javasoljuk a megelőzés elsődlegességének értelmében az itt áthaladó utakról lefolyó szennyezett záporvíz kezelését decentralizált zöld infrastruktúra elemekben, vagy centralizált biológiai tisztító létesítményben - pl. épített wetland - a befogadóba történő bevezetés előtt.

Köszönetnyilvánítás

A közölt eredményeket az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 tárgyú projekt finanszírozta.

Hivatkozások

- [1] A. A. Konopliantsev – V.M. Goldberg – L.S. Yazvin – V.A. Mironenko (1988) *Hydrogeological principles of groundwater protection*, Handbook of Scientific methods.
- [2] A. Aloni – A. Brenner (2017) *Use of Cotton as a Carbon Source for Denitrification in Biofilters for Groundwater Remediation*. Water. 9, 714; doi:10.3390/w9090714 Huffman, LM 1996, "Processing whey protein for use as a food ingredient", Food Technology, vol. 50, no. 2, pp. 49-52.
- [3] B. Maharjan – K. Pachel – E. Loigu (2016) *Towards effective monitoring of urban stormwater for better design and management*. Estonian Journal of Earth Sciences, 65, 3, 176–199 doi: 10.3176/earth.2016.12
- [4] W. B. Cutter – K. A. Baerenklau – A. De Woody – R. Sharma – J. G. Lee (2008) *Costs and benefits of capturing urban runoff with competitive bidding for decentralized best management practices*. Water Resources Res. 44, 542–547.
- [5] Government Decree No. 123/1997. (VII. 18.).123/1997. (VII. 18.), *Korm. rendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízellétesítmények védelméről*
- [6] 2000/60/EK *The Water Framework Directive*
- [7] P. Göbel – C. Dierkes – W.G. Coldewey (2007) *Storm water runoff concentration matrix for urban areas*. Journal of Contaminant Hydrology. 91 26–42
- [8] J. Hoyer – W. Dickhaut – L. Kronawitter – B. Weber (2011) *Sustainable Water Management in the City of the Future, Integrated Project Global Change and Ecosystems Water Sensitive Urban Design Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future*. 018530 – SWITCH.
- [9] A. Krafft (2006) *The effect of urban runoff on the water quality of the Sweetbriar Brook*. Amptill, UK; Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala. ISSN 1653-6797
- [10] L. Jotte – G. Raspati – K. Azrague (2017) *Review of stormwater management practices*, Klima 2050 Report No 7; ISBN: 978-82-536-1545-5

- [11] L. Liesl – K. Tiefenthaler – C. Schiff –M. Leecaster (2000) *Temporal variability patterns of stormwater concentrations in urban stormwater runoff*. Southern California coastal water research project annual report, 28-44.
- [12] J. Macnamara – C. Derry (2017) *Pollution Removal Performance of Laboratory Simulations of Sydney's Street Stormwater Biofilters*. Water. 9, 907; doi:10.3390/w9110907
- [13] J. Marsalek (2013) *Fifty years of innovation in urban stormwater management: Past achievements and current challenges*, NOVATECH.
- [14] M. Huber – B. Helmreich (2016) *Stormwater Management, Calculation of Traffic Area Runoff Loads and Traffic Related Emissions*. Water. 8, 294; doi:10.3390/w8070294
- [15] *National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Urban Areas*
- [16] *OVGT 2015 (National River Basin Management Plan 2015.)*
- [17] P. T. Weiss – G. LeFevre – J. S. Gulliver (2008) *Contamination of Soil and Groundwater Due to Stormwater Infiltration Practices*, June 23, Minneapolis, Minnesota
- [18] precipitation data (http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_met002c.html)
- [19] S. Lehtinen (2014) *Simulation of Stormwater quality in an urban catchment using the management model (SWMM)*, master's thesis submitted in Espoo.
- [20] S. Liu – G. Gu (2017) *Improving the Impervious Surface Estimation from Hyperspectral Images Using a Spectral-Spatial Feature Sparse Representation and Post-Processing Approach*, Remote Sens. 9, 456; doi:10.3390/rs9050456
- [21] T. Wong – P. Breen – S. Lloyd (2000) *Water sensitive road design - design options for improving stormwater quality of road runoff technical report*, Report 00/1 August 2000
- [22] *Traffic density data source*, <http://internet.kozut.hu/lapok/forgalomszamlalas.aspx> 12
- [23] U. Bhandaram – A. Guerra – B. Robertson – H. Slattery – K. Tran (2011) *Effect of Urban Runoff on Water Quality Indicators in Ballona. Creek, CA.*
- [24] *Urban Storm Water Preliminary Data Summary*, EPA
- [25] Zs. Varga – h. Czédli – Cs. Kézi – Á. Fekete (2015) *Ortofotók pontossági vizsgálata úttengelyek alapján*. Proceedings of the Conf. on Problem-based Learning in Engineering Education. University of Debrecen Faculty of Engineering. pp. 66-74. (ISBN:978-963-473-916-6)
- [26] *Water Management Technical Guidelines, 2014.*, Waverley Council
- [27] Q. F. Xiao – E. G. McPherson (2011) *Performance of engineered soil and trees in a parking lot bioswale*. Urban Water. J. 8, 241–253.
- [28] Y. J. Wang – C. F. Chen – J. Y. Lin (2013) *The Measurement of Dry Deposition and Surface Runoff to Quantify Urban Road Pollution in Taipei, Taiwan*. Int. J. Environ. Res. Public Health. 10, 5130-5145; doi:10.3390/ijerph10105130