

PLÁNOVÁNÍ MODRO-ZELENÉ INFRASTRUKTURY S VYUŽITÍM EKOHYDROLOGICKÉHO HODNOCENÍ MIKROSTRUKTUR MĚSTA PLZNĚ

Jan Kopp, Marie Novotná, Jindřich Frajer, Jiří Ježek, Pavel Raška, Martin Dolejš

Přestože se o tématech modro-zelené infrastruktury u nás diskutuje v rámci různých oborů, nemá tento termín v praxi zatím jednotné vymezení. Jak ilustruje rozbor plánovacích dokumentů Plzně, aktuálně se v této souvislosti prosazují nástroje adaptace na klimatickou změnu a efektivní využití dešťové vody, často ve vztahu k veřejným prostranstvím. Jako jeden z přístupů k plánování modro-zelené infrastruktury je představena metodika ekohydrologického hodnocení mikrostruktur městské krajiny. Kategorizace územních jednotek vychází z možností stanovení některých parametrů ekohydrologických vlastností pro typy elementárních ploch a dalších parametrů pro funkční prostorové jednotky, které nazýváme mikrostruktury. Použití této metodiky ukazuje modelové zpracování centrální oblasti města Plzně, kde bylo vymezeno a hodnoceno 481 jednotek mikrostruktur různých typů.

Klíčová slova: modro-zelená infrastruktura, hospodaření s dešťovou vodou, plánování měst, Plzeň

1. Úvod

Hospodaření se srážkovou vodou propojené se systémem vegetačních prvků městské krajiny, patří mezi aktuální otázky městského plánování. Aktuální trendy ukazuje řada systémově zaváděných vodohospodářských koncepcí rozvoje měst v zahraničí [Morison a Brown, 2011; Howe a Mitchell, 2012; Woods-Ballard et al., 2015; Hoang a Fenner, 2016], ovšem ne všechny zkušenosti je možné sdílet bez zohlednění národních podmínek. Prosazování nových přístupů k hospodaření se srážkovými vodami je v našich městech zatím převážně ve fázi plánování a realizace prvních pilotních studií. Zavádění do praxe je přitom podporováno potřebou adaptace na změny klimatu, ale zároveň naráží na bariéry technické, institucionální, ekonomické, sociální a legislativní [Vítek et al., 2015; Stráský a Kabelková, 2015; Kopp a Ježek, 2018; Aubrechtová et al., 2019; CZWA, 2019].

V současném kontextu plánování adaptací měst na změny klimatu jsou systémy přírodně blízkých opatření hospodaření s dešťovou vodou prosazovány pod hlavičkou koncepce modro-zelené infrastruktury [Voskamp et al., 2015]. V zahraničí se používá různých variant terminologie, frekventují se zejména termíny blue-green infrastructure (BGI) [Thorne, 2016] a green-blue infrastructure (GBI) [Bacchin et al., 2016]. Využití modro-zelené infra-

struktury (MZI) je prezentováno jako nový systém hospodaření s dešťovou vodou podporující retenci vody a její kvalitu v městské krajině spolu s přínosy pro veřejný prostor, pro adaptaci na klimatické změny a pro biodiverzitu [Bacchin et al., 2016]. Na rozdíl od tradičních přístupů orientovaných na technická řešení odvádějící dešťovou vodu co nejrychleji kanalizačním systémem, je MZI koncipována jako systém blízký přírodnímu oběhu vody, propojující zelenou infrastrukturu (organizovaný systém městské zeleně) a hospodaření s dešťovou vodou na území města [Thorne, 2016]. S terminologií modro-zelené infrastruktury a příbuznými termíny pracuje řada zahraničních studií, přičemž existují rozdíly v zaměření MZI z hlediska dílčích cílů i nástrojů prosazování [Kopp et al., 2017; CZWA, 2019]. Nabízí se tedy otázky, jakým způsobem je v našich podmínkách MZI chápána a jak je MZI uplatňována v plánování měst. Jedním z přístupů k plánování MZI může být ekohydrologické hodnocení městské krajiny. V této studii jsme se zaměřili na tři cíle: (1) diskutovat vymezení modro-zelené infrastruktury (MZI) na národní úrovni, (2) na příkladu města Plzně provést tematický rozbor plánovací dokumentace ve vztahu k MZI a (3) představit a diskutovat možnosti ekohydrologického hodnocení městské krajiny jako podkladu pro plánování modro-zelené infrastruktury města Plzně.

2. Modro-zelená infrastruktura v národním kontextu

V českém prostředí se zatím pojem *modro-zelená infrastruktura* (nebo zelenomodrá, modrozelená či modrá a zelená) frekventuje zatím relativně málo nebo v odkazech na zahraniční zdroje. Příkladem jsou metodické publikace zaměřené na adaptaci měst na klimatickou změnu [Třebický a Novák, 2015; Pondělíček a Bízek, 2016], které uvádí tabelárně tři typy infrastruktury: zelenou, modrou a šedou. Do *modré infrastruktury* jsou zjednodušeně řazeny vodní prvky městské krajiny. *Šedá infrastruktura* je označení pro technické či umělé prvky propojující systém města.

Plánování funkčně propojené zelené infrastruktury měst je v zahraničí věnována pozornost odborných studií a plánů [Benot-Short et al. 2017; Mell et al., 2017]. V Česku se diskutuje o rozšiřování plánů ekologických sítí z nezastavěné krajiny do prostředí urbanizované krajiny, aniž by se věnovala pozornost specifikům městské krajiny a odlišným potřebám městského plánování [Hošek, 2017]. ÚSES se v plánování urbanizovaného území prosazuje jen s obtížemi. Je možné rozšiřovat plánování ekologických sítí ve městě i na další systémy městské zeleně, jako alejemi propojená veřejná prostranství, rekreační pásy zeleně (greenways) nebo klimaticky optimalizované ulice, jako jsou např. vídeňské Coole Straßen.

V poslední době probíhá diskuse o tématech modro-zelené infrastruktury v rámci různých oborů, například mezi urbanisty, krajinnými architekty, vodohospodáři, klimatologů či ochránci přírody, zatím ovšem bez přesnějšího ukotvení terminologie [Třebický a Novák, 2015; Vítek, 2018; Fučík et al., 2019; CZWA, 2019]. Na podporu mezooborové diskuse byla založena Platforma pro zelenou a modrou infrastrukturu [Macháč a Hekrlé, 2020]. Na potřebu zabývat se legislativou, technickými předpisy a územně plánovací dokumentací v oblasti modro-zelené infrastruktury upozorňuje Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích, zpracovaná pro MŽP [CZWA, 2019]. Modro-zelená infrastruktura se zde prezentuje jako nástroj přírodě blízkých opatření hospodaření se srážkovými vodami rozlišený od technických opatření. Vlastní hranice mezi vymezením modro-zelené a šedé infrastruktury může být ovšem diskutabilní. Zjednodušené odlišení mezi přírodě blízkým a umělým či technickým prvkem může být problematické, jak v rovině praktické (např. různé stupně ekologické kvality povrchových retenčních nádrží [Kopp a Preis, 2019]), tak v rovině prosazování, kde se tím víceméně podporují institucionální a profesní bariéry. V zahraniční literatuře se přitom již objevují kompromisní termíny modro-zeleno-šedá [Alves, 2020] nebo hybridní či smíšená infrastruktura [Depietri a McPhearson, 2017] reagující na skutečnost, že prvky hospodaření s dešťovou vodou sice napodobují nebo podporují přírodní procesy jako infiltraci nebo evapotranspiraci, ale z podstaty jsou zřizovány jako umělé prvky podle technických standardů. Na úrovni plánovací dokumentace jsou patrně nejpodrobnějším dokumentem, zavádějícím MZI v rámci našich měst, olomoucké standardy s výmluvným názvem Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře [Vítek et al., 2018].

3. Metodika

Prvním krokem k zavádění MZI do praxe našich měst je nastavení plánovacích procesů. Jako modelové město pro tematickou analýzu plánovací dokumentace byla zvolena Plzeň. Město

Plzeň vzhledem ke své populační velikosti (170,5 tis. obyvatel) a dominantnímu postavení v rámci sídelního systému západní části České republiky představuje jádro plzeňského městského regionu. V administrativních hranicích města se dnes nachází území o rozloze 137,67 km² s převládajícím charakterem městské a příměstské krajiny [Kopp et al., 2017]. Abychom mohli posoudit vývoj a aktuální stav plánování MZI v Plzni, byla provedena tematická klasifikace plánovací dokumentace ve vztahu k MZI. Klíčová témata studií MZI na mezinárodní úrovni (Tab. 1) posloužila jako východisko pro tematickou analýzu plánovacích dokumentů města Plzně z období 2011–2020. Jak již bylo diskutováno, u nás zatím není použití terminologie MZI běžnou součástí profesní praxe. Pro výběr plánovacích dokumentů bylo proto kritériem jejich obsahové zaměření na klíčová témata MZI, nikoliv použitá terminologie.

Plánování modro-zelené infrastruktury je třeba založit na kvalitní struktuře geodat. V pokročilé fázi se při návrhu prvků MZI používá hydrologické modelování městské krajiny [Fučík et al., 2019], které vychází z detailní identifikace povrchové i podpovrchové situace (možnosti infiltrace, kanalizační systém). Součástí procesu je přesná identifikace a určení konkrétních vlastností jednotlivých povrchů. Vzhledem k charakteru běžné evidence druhu a způsobu využití pozemku nelze toto nahradit databází katastru nemovitostí, ani parametrizací na základě funkčního vymezení v územním plánu měst. Ideálním zdrojem dat z hlediska územní přesnosti a parametrizace může být multispektrální letecké snímkování s přesným rozlišením [Pokorný a kol., 2018].

Navržený postup ekohydrologického hodnocení městské krajiny byl inspirován metodikami hodnocení měst Mnichova a Rotterdamu [Pauleit a Duhme, 2000; Derksen et al., 2015]. Ekohydrologické hodnocení vychází z dvouúrovňové kategorizace územních jednotek městské krajiny. Úrovně odpovídají topické a chorické dimenzi městské krajiny [Zonneveld, 1989]. Pro zpracování geodatabáze a generování map rozlišujeme:

- a) *Elementární plochy* – územní jednotky topické úrovně, které mají ho-

mogenní, resp. kvazihomogenní ekohydrologické vlastnosti (např. trávnik, vodní plocha, střecha budovy);

- b) *Mikrostruktury městské krajiny* – územní jednotky chorické úrovně složené z kombinace elementárních ploch určité typické skladby a určitého využití, které mají souhrnně funkčně společné vlastnosti (např. rozvolněná zástavba rodinných domů nebo areály těžkého průmyslu).

Kategorizace územních jednotek vychází z možností stanovení některých parametrů ekohydrologických vlastností pro typy elementárních ploch (např. infiltrace, evapotranspirace, odtok) a některých parametrů pro funkční prostorové jednotky (např. typická úroveň znečištění odtékající vody, klimatické vlastnosti). Parametry na úrovni mikrostruktur mohou vycházet ze standardizace hodnot a tak vyjadřovat referenční hodnoty pro regulativy – např. stanovení koeficientu zeleně pro nově vznikající části zástavby.

Na chorické úrovni mikrostruktur městské krajiny můžeme organizovat hospodaření s vodou v decentralizované jednotce [Howe a Mitchell, 2012]. Doporučovaná opatření modro-zelené infrastruktury jsou ve studiích a metodikách často navázány na typologii urbanistických jednotek [Pauleit a Duhme, 2000; Woods-Ballard et al., 2015; Faltermaier et al., 2016]. Můžeme tak k identifikaci typu mikrostruktur v území města zároveň přiřazovat doporučené způsoby managementu, což ukazuje katalog pro navržený metodický postup [Kopp et al., 2016].

Metodika ekohydrologického hodnocení území byla ověřována při tvorbě ekohydrologických map Plzně a Ústí na Labem. Podrobnější metodický postup a výsledky představuje souhrnná publikace [Kopp et al., 2017]. V této případové studii prezentujeme aplikaci použitou pro plánování centrální oblasti Plzně, která je v roce 2020 předmětem rozvojové studie Útvaru koncepce a rozvoje města Plzně. Metodika použití vybraných parametrů mikrostruktur je podrobněji vysvětlena v dalším komentáři.

4. Výsledky

4.1 Tematická analýza plánovacích dokumentů města Plzně

Studované dokumenty (Tab. 1) přímo nepoužívají terminologii *modro-zelená infrastruktura*, obsahově se ovšem problematice témat MZI alespoň částečně věnují. Teprve v plánovacích dokumentech publikovaných od roku 2017 se používají pojmy *zelená a modrá opatření* nebo *zelená a modrá infrastruktura*. Konkrétně Adaptační strategie města Plzně s využitím ekosystémových přístupů [Czech Globe,

2017] rozlišuje opatření šedá (stavební a technická), zelená a modrá, kterými se rozumí ekosystémově založené přístupy (zeleň, propustné povrchy, hospodaření s dešťovou vodou), a dále měkká opatření na úrovni změny chování obyvatel, budování systémů včasného varování a poskytování informací. V letech 2008–2011 se Plzeň se zapojila do mezinárodního projektu REURIS (Revitalisation of Urban River Spaces), jehož cílem bylo obnovit plochy nábřeží plzeňských řek, aby fungovaly jako ekologické koridory a oblasti přívětivé k člověku [ÚKRMP, 2011]. Vzniklo několik dílčích projektů kombinujících přírodě blízké prvky

s protipovodňovou funkcí a rekreačním využitím říčních koridorů v síti tzv. greenways. Nový Strategický plán města Plzně [ÚKRMP, 2018a] deklaruje potřebu „posílit modrou infrastrukturu ve městě – hospodaření s dešťovou vodou a vodní toky a posílit zelenou infrastrukturu ve městě – zeleň, územní systémy ekologické stability“.

Frekvence významu jednotlivých témat ve studovaných dokumentech (Tab. 1) ukazuje, že je největší pozornost věnována roli ekosystémů v městské krajině, včetně jejich amenitní funkce, tedy funkce zvyšující pobytovou kvalitu veřejného prostoru (kulturní, rekreační, estetické, sociální). Snaha o zapojení vod-

Zaměření plánovacích dokumentů	Krajinný pokryv a využití ploch	Zelené sítě	Vodní biokoridory	Hydrologické procesy	Ekosystémy	Veřejný prostor	Hospodaření s dešťovou vodou	Adaptace na změny klimatu	Ekosystémové služby
Revitalizace nábřeží plzeňských řek – územní studie (ÚMRMP, 2011)									
Program rozvoje města Plzně – aktualizace (ÚKRMP, 2013)									
Generel Odvodnění města Plzně (aktualizace DHI, 2013)									
Generel veřejných prostranství v Plzni – Standardy (Partnerství 2015, schválen 2016)									
Generel zeleně města Plzně (aktualizace 2016)									
Zelené střechy. Analýza možností podpory zelených střech (2016)									
Územní plán Plzeň (2016)									
Adaptační strategie města Plzně s využitím ekosystémových přístupů (Czech Globe, 2017)									
Strategický plán města Plzně (ÚKRMP, 2018a)									
Požadavky na řešení dešťových vod Plzeň – Metodický podklad (ÚKRMP, 2018b)									
Koncepce odtokových poměrů města Plzně (DHI, 2020, ve schvalovacím procesu)									

■ klíčové téma ■ dílčí téma

Tab. 1: Tematická analýza plánovacích dokumentů města Plzně a jejich zařazení do typologie

Zdroj: vlastní zpracování podle citovaných studií

ních prvků městské krajiny do veřejného prostoru (např. oživení městské plošiny, komunitní akce na náplavkách) byla podpořena též projektem Plzeň – Evropské hlavní město kultury 2015 a vytvořeným Generelem veřejných prostranství [Partnerství, 2015]. Generel veřejných prostranství a analýza Zelené střechy [Holler, 2016] zásadně doporučují zeleně jako nástroj hospodaření s dešťovou vodou a adaptace na změny klimatu. Relativně nižší pozornost plánovací praxe byla dosud v Plzni věnována konektivitě sítě městské zeleně. Vodní biokoridory hlavních toků jsou ve městě preferovány jako ekologická síť před plánováním zelených koridorů vhodnými úseky uliční sítě [Územní plán Plzeň, ÚKRMP, 2016]. V našem rozboru jsme neuvažovali povodňové plány a studie, které tvoří specifický typ dokumentace, shrnující opatření ke zmírnění škod při povodních. Jen malá část plánovacích dokumentů se věnuje vlivu ekosystémů na výpar či dalším bioklimatickým funkcím a transportu znečišťujících látek vodou. V roce 2020 město Plzeň dokončuje zpracování Koncepce odtokových poměrů [DHI, 2020], která by se měla stát plánovacím dokumentem prosazujícím integrované a územně komplexní řešení

pro nakládání s dešťovými vodami. Součástí koncepce je například posuzování vlivu kanalizace na místní recipienty při přívalových deštích, průzkum a prevence erozně-akumulačních jevů, stanovení podmínek hospodaření se srážkovou vodou na jednotlivých rozvojových plochách nebo vymezení území vhodných pro retenci vody. Neméně důležitý je návrh institucionálního uspořádání vztahů veřejné správy v oblasti hospodaření se srážkovou vodou. V praxi již začal v Plzni fungovat metodický podklad pro standardizaci přístupů k řešení srážkových vod na veřejných prostranstvích [ÚKRMP, 2018b].

4.2 Ekohydrologické hodnocení centrální oblasti města Plzně

Ekohydrologická parametrizace území centrální oblasti města Plzně je vztažena k mikrostrukturám, jako jsou například bloky zástavby, areály obchodů a služeb, plochy městských komunikací různé úrovně apod. Typy a podtypy mikrostruktur, které se vyskytují v centrální oblasti Plzně a jsou označeny kódem na mapách, uvádí Tab. 2. Typologie

a hodnocení mikrostruktur bylo původně tvořeno pro celé území měst Plzně a Ústí nad Labem, v tabulce jsou však uvedeny jen typy použité na mapách centrální oblasti Plzně. Volba kategorií částečně respektuje funkční kategorie podkladových územních plánů obou měst. Hlavní typy jsou rozděleny do tří základních tříd: (I) plošné mikrostruktury převážně se zástavbou, (II) plošné mikrostruktury převážně bez zástavby, (III) liniové mikrostruktury – koridory. V centrální oblasti bylo vymezeno 481 jednotek mikrostruktur různých typů (na celém administrativním území Plzně 7494 mikrostruktur). Každá mikrostruktura městské krajiny byla hodnocena podle ekohydrologických parametrů, vypočtených jako průměr hodnocení jejich elementárních ploch. Identifikace a určení vlastností elementárních ploch s rozlišením 0,5 m bylo provedeno na základě podkladových geodat (ortofoto, RÚIAN, pasport zeleně, technická mapa, DMR 5G, DMP 1G, DIBAVOD a další) a výběrově ověřováno v terénu. Vymezení mikrostruktur a jejich klasifikace na typy a podtypy proběhlo podle Katalogu mikrostruktur městské krajiny pro potřeby ekohydrologického managementu

Typy mikrostruktur	Podtypy mikrostruktur
IA. Plochy rezidenční	1. Kompaktní městská zástavba
	2. Městská zástavba
IB. Plochy rekreační a komunitní	1. Veřejné plochy s převahou zeleně
	2. Veřejné plochy s převahou nepropustných ploch
	4. Zahrádkové osady
IC. Plochy občanského vybavení	1. Areály obchodů a služeb rozsáhlé
	2. Areály obchodů a služeb malé a střední
	3. Školní areály a sportovní zařízení
ID. Plochy výroby a skladování	1. Areály těžkého průmyslu
	2. Areály lehkého průmyslu, drobné výroby a skladování
IE. Plochy dopravní infrastruktury	1. Plochy silniční infrastruktury
	2. Plochy železniční infrastruktury
IIH. Sady a zahrady	
IIK. Vodní plochy	2. Umělé nádrže
IIIM. Hlavní silniční koridory	1. Městské hlavní komunikace
IIIN. Vedlejší silniční koridory	1. Ulice s převahou dopravní funkce
	2. Ulice s převahou komunitní funkce
IIIO. Železniční koridory	
IIIP. Biokoridory a vodní toky	1. Říční koridory

Tab. 2: Kategorizace mikrostruktur městské krajiny v centrální oblasti Plzně

Zdroj: upraveno podle [Kopp et al., 2016]

[Kopp et al., 2016] s využitím katastrální mapy, územního plánu a dalších výše uvedených geodat. Mapy znázorňují mikrostruktury na území centrální oblasti města Plzně hodnocené na základě vlastností elementárních ploch, což bylo provedeno výpočtem plošné statistiky rastru ploch v každé mikrostruktuře. Pro potřebu plánování centrální oblasti Plzně zpracovány tři ekohydrologické mapy. Další možnosti hodnocení území uvádějí mapy zpracované pro celé území Plzně [Kopp et al., 2017].

4.2.1 Klasifikace mikrostruktur podle koeficientu odtoku

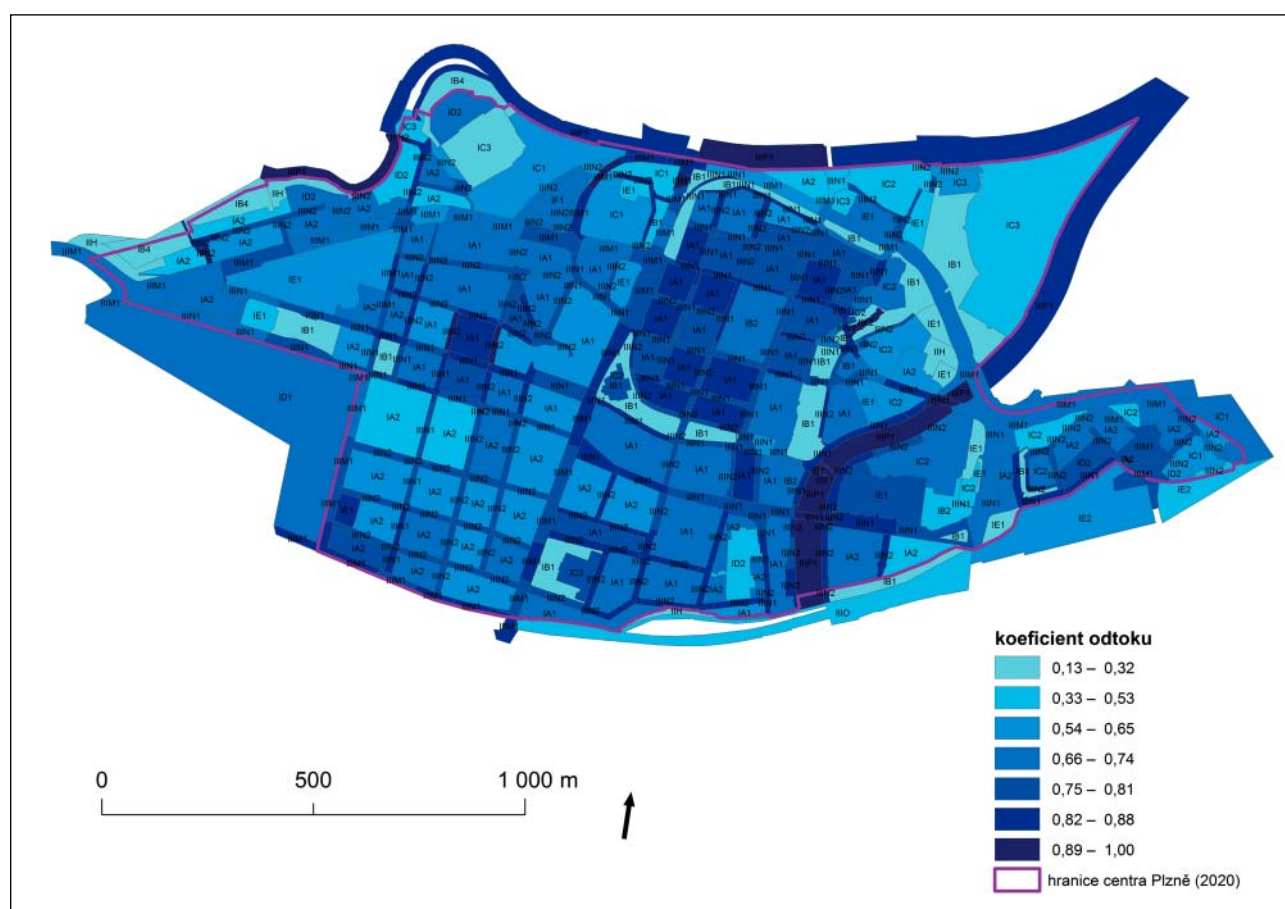
Mapa klasifikující mikrostruktury podle koeficientu odtoku vyjadřuje relativní podíl odtékající vody ze srážek se zohledněním typu povrchu a sklonitosti území, přesněji odtok vody směrodatného deště uvažované periodicity v normě ČSN 75 6101 (Obr. 1). Klasifikace prokazuje rozdíly v typu propustnosti povrchu (schopnosti vsakování) a zohledňuje sklonitost povrchu.

Sklonitost vychází z přesného digitálního modelu reliéfu DMR 5G, který ale neidentifikuje sklonitost střech. Výstupy je možné použít jako podklad pro hydrologické modelování odtoku z městské krajiny ve vazbě na model kanalizační sítě [Šimek, 2019]. Tam kde jsou vyhodnoceny dešťové oddělovače, které nevyhovují emisním nebo imisním kritériím, lze v rámci jejich sběrné oblasti vytipovat lokality, kde je efektivní eliminovat vtok srážkových vod do jednotné kanalizace.

4.2.2 Klasifikace mikrostruktur podle koeficientu evapotranspirace

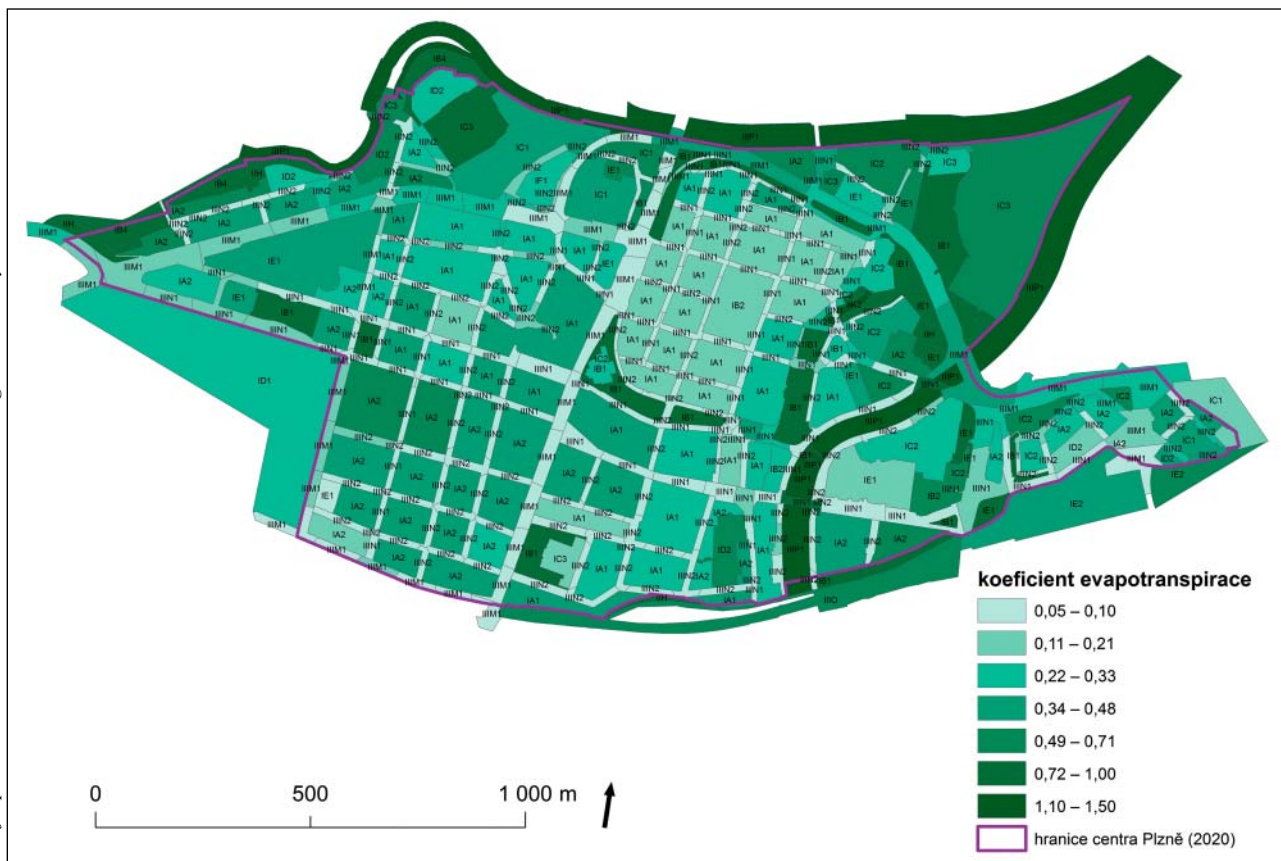
Transpirace rostlin je základním procesem propojujícím zeleň a hydrologický cyklus s termoregulačním účinkem na urbanizované území. Transpirace jako fyziologický výpar spolu s evaporací (fyzikálním výparem) tvoří souhrnně celkový výpar, označovaný jako evapotranspirace. V tomto smyslu je evapotranspirace

spolu s retencí vlivem vegetace klíčovým procesem modro-zelené infrastruktury [Geletič a Lehnert, 2017]. Další mapa vyjadřuje relativní míru evapotranspirace území, tedy jak plochy přispívají k celkovému výparu (Obr. 2). Hodnota vyjadřuje relativní vztah k tzv. referenční evapotranspiraci podle metodiky FAO, vycházející z potenciální evapotranspirace normovaného travního porostu [Allen et al., 1998; Kohut et al., 2013]. Koeficient evapotranspirace byl stanoven na základě kalkulace hodnot „Plant factor“ a „Leaf area index“ (LAI) podle dostupných metodik [Costello et al., 2000; Kjelgren et al., 2016], se zohledněním českých klimatických podmínek. Skutečný průběh výparu z ploch závisí nejen na jejich charakteru, ale také na průběhu meteorologických podmínek během jednotlivých dní [Lehnert et al., 2018]. Dostupnost vody pro výpar významně ovlivňují předchozí srážky nebo umělá zálivka městské zeleně. V období sucha je proces výparu například ze suchých trávníků bez zálivky velmi omezen.



Obr. 1: Klasifikace mikrostruktur centrální oblasti Plzně podle koeficientu odtoku. Kódy typů mikrostruktur popisuje Tab. 2.

Zdroj: zpracovala M. Novotná v roce 2020 na základě geodat uvedených v textu



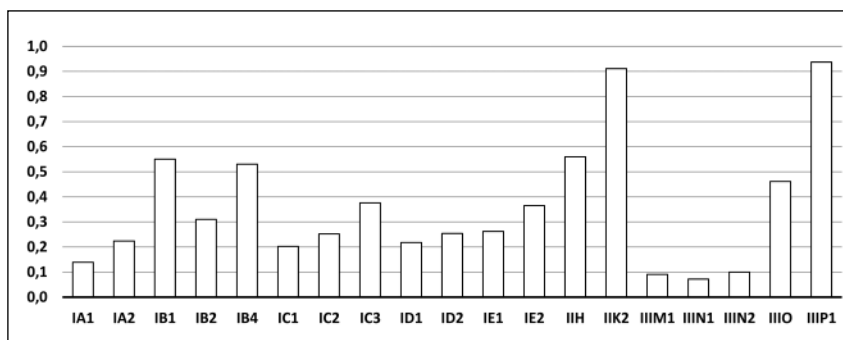
Obr. 2: Klasifikace mikrostruktur centrální oblasti Plzně podle koeficientu evapotranspirace. Kódy typů mikrostruktur popisuje Tab. 2.



Obr. 3: Klasifikace mikrostruktur centrální oblasti Plzně podle indexu Biotope Area Factor. Kódy typů mikrostruktur popisuje Tab. 2.

4.2.3 Klasifikace mikrostruktur podle indexu zeleně

Třetí mapa (Obr. 3) vyjadřuje Biotope Area Factor (BAF), který se obecně používá jako referenční index pro hodnocení zelené infrastruktury urbanizovaného území. Jeho hodnota pro mikrostruktury byla počítána na základě tzv. váhy Biotope Area Factor elementárních ploch. Použití BAF bylo přizpůsobeno možnostem identifikace typu ploch. Parametry BAF byly využity jako relativní hodnoty nejlépe vystihující míru ekosystémových služeb zeleně [Becker et al., 1990; Kazmierczak a Carter, 2010]. Klasifikace ukazuje rozdíly v ekohydrologických podmínkách mezi jednotlivými typy mikrostruktur centrální oblasti města. Podle očekávání se projevuje pozitivní význam sadového okruhu a dalších veřejných ploch s převahou zeleně. Pro modro-zelenou infrastrukturu centrální oblasti jsou důležité také základní říční koridory Radbuzy a Mže s vazbou na areál Štruncových sadů. Tyto rozsáhlejší zelené plochy umožňují plánovat retenční prvky většího rozsahu – vsakovací průlehy, mokřady, vodní plochy – okrasné i ekosystémové funkce. Zároveň je možné porovnat hodnoty indexu jednotlivých mikrostruktur s průměrnou hodnotou daného typu v rámci celého území města (Obr. 4).

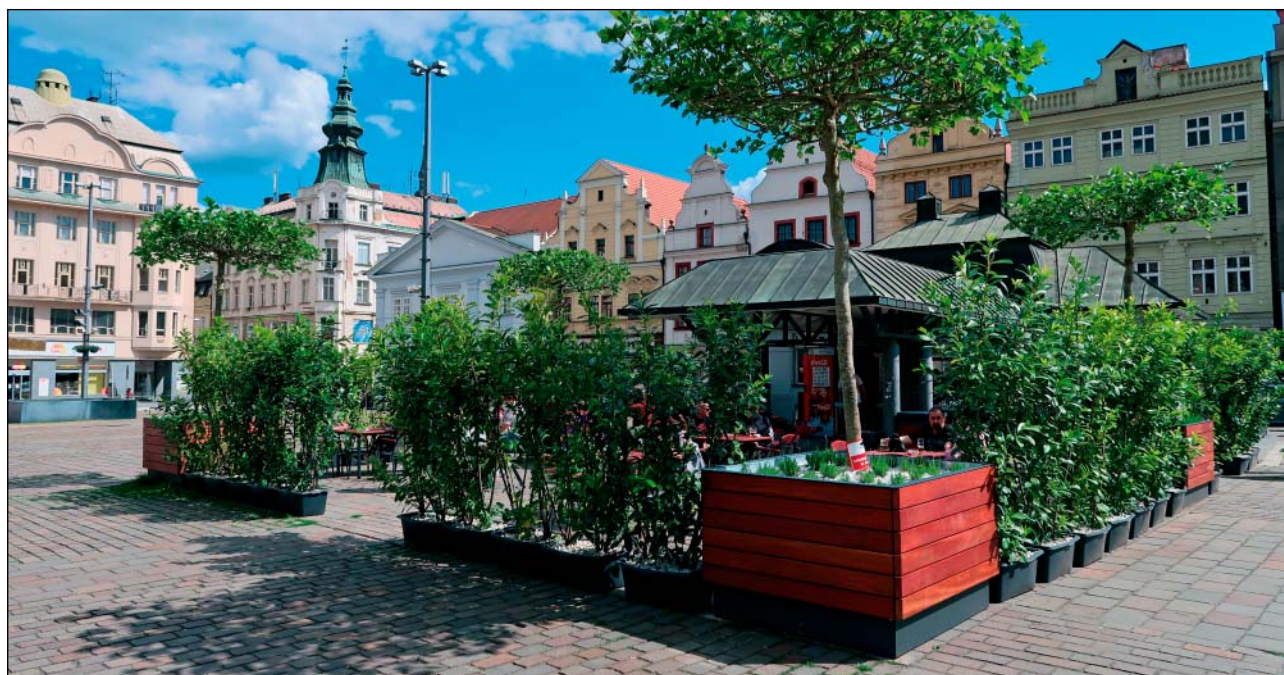


Obr. 4: Průměrné hodnoty indexu Biotope Area Factor pro jednotlivé typy mikrostruktur. Kódy typů mikrostruktur popisuje Tab. 2, průměry vy počítány za celé území města Plzně.

5. Diskuse

Ekohydrologická klasifikace kromě absolutního srovnání umožňuje rozlišit kvalitu mikrostruktur stejného typu. Klasifikace mikrostruktur může sloužit k posouzení potřeby změn ve vnitroblocích městské zástavby centra Plzně. S ohledem na omezené možnosti rozšiřování souvislých ploch zeleně, jsou právě vnitroblocy potenciálními prvky podporujícími adaptaci území na vlny horka nebo přívalové srážky. V případě budov je možné buď aplikovat zelené střechy nebo doporučit použití balkonové či fasádové zeleně, samozřejmě se zohledněním urbanistických hodnot a limitů. Z předložené zonace také vyplývá potřeba potenciálního omezení

parkovacích míst nebo zvýšení podílu jejich polopropustných povrchů [Brejchová Velebná et al., 2015]. Mapy dále ukazují rozdílné ekohydrologické vlastnosti uličních koridorů v rámci celého uličního profilu, protože ty jsou hodnoceny jako samostatné jednotky oddělené od bloků zástavby. Pozitivně se v území projevují středové pásy trávníků u víceprúdových komunikací. U tramvajových těles je možnost použití zelené výplně kolejiště, pokud je možné omezit funkci kolejiště pro nouzový silniční provoz. Zeleň na pěších zónách nebo náměstích je případně možné instalovat v mobilních nádobách (Obr. 5). Omezení nepropustných povr-



Obr. 5: Mobilní nádoby se zelení se snaží alespoň v omezené míře zlepšit klimatický komfort návštěvníků v dané části náměstí Republiky v Plzni

chů lze místy řešit převedením na polo-propustné, například ve vazbě na sou- sední travnaté plochy na okraji sadů. Ekohydrologické mapy jsou při pláno- vání centrální oblasti Plzně využívány ve vazbě na model odvodnění ploch kanalizací a potenciální vlivy dešťo- vých oddělovačů na recipienty. Podle výsledků hodnocení území jsou voleny priority opatření na eliminaci zátěže kanalizace z přívalových srážek. Po- dobně byly mapy využity jako jeden z podkladů pro tvorbu koncepce od- tokových poměrů celého území města Plzně. Další aplikace ekohydrologické- ho hodnocení je v souvislosti s adapta- cí veřejných prostranství na klimatické změny, konkrétně při navrhování opat- ření na zlepšení tepelného komfortu [Geletič et al., 2017; Vít a Kopp, 2019]. V tomto směru jsou ekohydrologické mapy Plzně používány k detailnějšímu rozboru území ve srovnání s výstupy družicového snímkování města, které naopak poskytují možnost sledování sezónního vývoje parametrů, jako je vlhkost půdy, teplota povrchu nebo ve- getační index [World from Space s.r.o., 2018]. V ideálním případě by bylo možné získat prostorově přesnější data z leteckého multispektrálního snímko- vání. Předložené mapy jsou v tomto srovnání kompromisem – podkladová data umožňují podrobnější rozlišení například v prostoru ulic než data ze satelitního snímkování, zejména pokud jsou k dispozici kvalitní pasporty měst- ské zeleně [Šimek, 2019]. Ekohydrolo- gické vlastnosti jsou však odvozované nepřímo pomocí koeficientů dle cha- rakteru jednotlivých ploch centrální oblasti města. Zpracování ekohydro- logických map Plzně v GIS umožňuje postupně generovat další podklady pro územní studie. Dosavadní praxe uka- zuje, že je vhodné mapy aktualizovat podle změn území a v detailu zpřesňo- vat jejich vypovídací schopnost s vyu- žitím terénního mapování.

6. Závěr

Zavádění nové terminologie jako je *mod- ro-zelená infrastruktura* ještě nezname- ná samozřejmý posun v plánovací praxi, ale může pomoci pochopení multifunkč- ního významu městských ekosystémů.

Lze jen doporučit, aby byly zavedeny a sjednoceny profesní terminologické standardy MZI. Základem plánování MZI jsou samozřejmě přesná data, na- příklad z kvalitní pasportizace městské zeleně či prvků hospodaření s dešťovou vodou. V detailu však ani inventarizace elementárních ploch přesně nepostihuje důležité detaily, jako je prostupnost od- toku vody z chodníku na travnatou plo- chu, rozdíly v managementu trávníků nebo schopnost infiltrace vody ztuhně- ným podložím. Dalším úkolem je inven- tarizace budov dle potenciálu střech pro hospodaření se srážkovou vodou. Před- stavené ekohydrologické hodnocení městské krajiny ukazuje návrh zpraco- vání geodat na dvou měřítkových úrov- ních. Na kvalitě vstupních dat ve správě města je potom závislá úroveň přesnosti výsledné klasifikace mikrostruktur, kte- rá může být východiskem plánovitého rozvoje modro-zelené infrastruktury.

Výzkum byl podpořen granty TAČR TL01000498 „Revitalizace městských center a dalších veřejných prostorů v České republice: problémy, zahraniční inspirace, možnosti řešení“ a TAČR TD03000343 „Ekohydrologický management mikrostruktur městské krajiny“.

Požité zdroje:

ALLEN, Richard G. – PEREIRA, Luis S. – RAES, Dirk – SMITH, Martin. *Crop Evapotranspiration – Guidelines 157 for computing water requirements*. Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome: FAO, 1998.

ALVES, Alida – VOJINOVIC, Zoran – KAPE- LAN, Zoran – SANCHEZ, Arlex – GERSONIUS, Berry. Exploring trade-offs among the multiple benefits of green-blue-grey infrastructure for urban flood mitigation. In: *Science of the Total Environ- ment*. 2020, roč. 703, 134980. ISSN 0048-9697.

AUBRECHTOVÁ, Tereza – GELETIČ, Jan – HALÁSOVÁ, Olga – LEHNERT, Michal – DOB- ROVOLNÝ, Petr. Administrativní reakce českých měst na adaptační procesy související s klimatic- kými změnami. In: *Urbanismus a územní rozvoj*. 2019, roč. XXII, č. 1, s. 4–12. ISSN 1212-0855.

BACCHIN, Teneha – ASHLEY, Richard – BLEC- KEN, Godecke – VIKLANDER, Maria – GER- SONIUS, Berry. Green-blue Infrastructure for Sustainable Cities: Innovative Socio-technical Solutions Bringing Multifunctional value. In: *No- vatech*, 28 June–1 July, 2016, Lyon, s. 1–4.

BECKER, Carlo, W. et al. *The Biotope Area Fac- tor as an Ecological Parameter. Principles for Its Determination and Identification of the Target*. Berlin: Becker Giseke Mohren Richard, Land- schaft Planen & Bauen, 1990, 24 s.

BENTON-SHORT, Lisa – KEELEY, Melissa – ROWLAND, Jennifer. Green infrastructure, green space, and sustainable urbanism: geography's im- portant role. In: *Urban Geography*. 2017, roč. 40, č. 3, s. 330–351. ISSN 1938-2847.

BREJCHOVÁ VELEBNÁ, E. – KARLOVÁ, J. – PIKLOVÁ, L. (eds.). *Adaptace na změnu klimatu ve městech pomocí přírodě blízkých opatření*. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzeň, 2015.

COSTELLO, Laurence R. – MATHENY, Nelda P. – CLARK, James R. – JONES, Katherine S. *A guide to estimating irrigation water needs of landscape plantings in California. The Landscape Coefficient Method and WUCOLS III*. University of California Cooperative Extension. Sacramento: California Department of Water Resources, 2000, 160 s.

CZECH GLOBE. *Adaptační strategie města Plzně s využitím ekosystémových přístupů*. Brno: Czech Globe, Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. i. o., Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzně, 2017.

CZWA. *Studie hospodaření se srážkovými voda- mi v urbanizovaných územích*. Praha: Asociace pro vodu ČR, z. s., MŽP, 2019, 130 s.

DEPIETRI, Yaella – McPHEARSON, Timon. Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities: Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Risk Reduction. In: Kabisch, N., et al. [eds.]: *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*. Linkages between Science, Policy and Practice. Cham: Springer, 2017, s. 91–109. ISBN 978-3-319-56091-5.

DERKZEN, Marthe L. – van TEEFFELEN, As- trid J.A. – VERBURG, Peter H. Quantifying urban ecosystem services based on highresolution data of urban green space: an assessment for Rotterdam, the Netherlands. In: *Journal of Applied Ecology*, 2015, s. 1020–1032. ISSN: 1365-2664.

DHI, 2013. *Generel odvodnění města Plzně – ak- tualizace*. Praha: DHI pro Město Plzeň.

DHI, 2020. *Koncepce odtokových poměrů města Plzně*. Praha: DHI a VRV pro Město Plzeň.

FALTERMAIER, Monika – STOCK, Heike – TONNDORF, Thorsten (eds.). *Stadtentwick- lungspan Klima KONKRET Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt*. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, 2016, 90 s.

FUČÍK, Petr – HEJDUK, Tomáš – ZAJÍČEK, Antonín – MARVAL, Štěpán – KAPIČKA, Jiří – ROUB, Radek – BUREŠ, Luděk – PAVLÍČ- KOVÁ, Lenka – SYCHOVÁ, Petra. Nakládání se srážkovými vodami v sídle a krajině: projekt RainPRAGUE. In: *Voda v sídle a krajině Sborník z konference AUÚP ČR*, Plzeň 3.–4. 10. 2019.

Mimořádná příloha časopisu *Urbanismus a územ- ní rozvoj*. 2019, roč. XXII, č. 6, s. 22–24. ISBN 978-80-87318-86-7.

GELETIČ, Jan – LEHNERT, Michal. Místní kli- matické zóny a jejich význam ve městech České republiky. In: *Urbanismus a územní rozvoj*. 2017, roč. XX, č. 2, s. 9–16. ISSN 1212-0855.

HOANG, Lan, FENNER, Richard A. System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems and green in- frastructure. In: *Urban Water Journal*. 2016, roč. 13, č. 7, s. 739–758. ISSN 1744-9006.

HOLLER, Jaroslav. *Zelené střechy. Analýza mož- ností podpory zelených střech*. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzně, 2016.

- HOŠEK, Michael. Zelená infrastruktura: co a proč se ztratilo v překlady? In: *Ochrana přírody*. 2017, č. 2, s. 21–24. ISSN 1210-258X.
- HOWE, Carol – MITCHELL, Cynthia (eds.). *Water Sensitive Cities*. London: IWA Publishing, 2012, 304 s. ISBN 9781843393641.
- KAZMIERCZAK, Aleksandra – CARTER, Jeremy. *Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies*. Manchester: University of Manchester, 2010, 172 s.
- KJELGREN, Roger – BEESON, Richard C. – PITTINGER, D.R. – MONTAGUE, D.T. Simplified landscape irrigation demand estimation: slide rules. In: *Applied Engineering in Agriculture*. 2016, roč. 32, č. 4, s. 363–378. ISSN 1943-7838.
- KOHUT, Mojmir – ROŽNOVSKÝ, Jaroslav – KNOZOVÁ, Gražyna. Měření výparu z vodní hladiny výparoměrem GGI-3000 v České republice. In: *Práce a studie ČHMÚ*. Praha: ČHMÚ, 2013, č. 35. ISSN 1210-7557.
- KOPP, Jan – JEŽEK, Jiří. Experience of Czech cities with the implementation of ecohydrological management. In: *Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung*. Graz: Institut für Geographie und Raumforschung, 2018, sv. 48, s. 53–60. ISBN 978-3-9502276-7-3.
- KOPP, Jan – PREIS, Jiří. The potential implementation of stormwater retention ponds into the blue-green infrastructure of the suburban landscape of Pilsen, Czechia. In: *Applied Ecology and Environmental Research*. 2019, roč. 17, č. 6, s. 15055–15072, ISSN 1589-1623.
- KOPP, Jan – RAŠKA, Pavel – VYSOUDIL, Miroslav – DOLEJŠ, Martin – VEITH, Tomáš – NOVOTNÁ, Marie – FRAJER, Jindřich. *Katalog mikrostruktur městské krajiny pro potřeby ekohydrologického managementu*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni a Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, 2016, 43 s.
- KOPP, Jan – RAŠKA, Pavel – VYSOUDIL, Miroslav – JEŽEK, Jiří – DOLEJŠ, Martin – VEITH, Tomáš – FRAJER, Jindřich – NOVOTNÁ, Marie – HAŠOVÁ, Eliška. *Ekohydrologický management mikrostruktur městské krajiny*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2017, 166 s. ISBN 978-80-261-0719-4.
- LEHNERT, Michal – GELETIČ, Jan – DOBROVOLNÝ, Petr – JUREK, Martin. Temperature differences among local climate zones established by mobile measurements in two central European cities. In: *Climate Research*. 2018, roč. 75, s. 53–64. ISSN 1616-1572.
- MACHÁČ, Jan – HEKRL, Marek (eds.). *Sázení stromů ve městě a v krajině: výsadbou to nekončí*. Ústí nad Labem: IEEP a Platforma pro zelenou a modrou infrastrukturu, 2020, 5 s.
- MELL, Ian – ALLIN, Simone – REIMER, Mario – WILKER, Jost. Strategic green infrastructure planning in Germany and the UK: a transnational evaluation of the evolution of urban greening policy and practice. In: *International Planning Studies*. 2017, roč. 22, č. 4, s. 333–349. ISSN 1469-9265.
- MORISON, Peter J. – BROWN, Rebekah R. Understanding the nature of public and local policy commitment to Water Sensitive Urban Design. In: *Landscape and Urban Planning*. 2011, roč. 99, s. 83–92. ISSN 0169-2046.
- NOVOTNÁ, Marie – FRAJER, Jindřich – KOPP, Jan – HŘEBŘINOVÁ, Tereza. *Nepřímé vlastnosti ekohydrologických mikrostruktur města Plzně – Riziko znečištění odtékající vody a ekosystémové služby*. Mapa s odborným obsahem. Plzeň: ZČU v Plzni, 2017.
- PARTNERSTVÍ. *Generel veřejných prostranství v Plzni*. Brno: Partnerství o.p.s., 2015.
- PAULEIT, Stephan – DUHME, Friedrich. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. In: *Landscape and Urban Planning*. 2000, roč. 52, s. 1–20. ISSN 0169-2046.
- POKORNÝ, Jan – HESSLEROVÁ, Petra – JIRKA, Vladimír – HURYNA, Hanna – SEJÁK, Josef. Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí. In: *Urbanismus a územní rozvoj*. 2018, roč. XXI, č. 1, s. 26–37. ISSN 1212-0855.
- PONDĚLÍČEK, Michael – BÍZEK, Vladislav (eds.). *Adaptace na změny klimatu*. 1. vyd. Praha: Civitas per Populi, 2016, 174 s. ISBN 978-80-87756-09-6.
- STRÁNSKÝ, David – KABELKOVÁ, Ivana. Review of the Implementation Process of Sustainable Stormwater Management in the Czech Republic. In: Hlavínek, P., Zelenáková, M. (eds.): *Storm Water Management. Examples from Czech Republic, Slovakia and Poland*. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer, 2015, s. 13–26.
- ŠIMEK, Pavel. Plánovací nástroje správy zeleně a benefity městské zeleně. In: *Urbanismus a územní*. 2019, roč. XXII, č. 1, 24–29. ISSN 1212-0855.
- THORNE, Colin (ed.). *Delivering and Evaluating Multiple Flood Risk Benefits in Blue-Green Cities. Key Project Outputs. EPSRC Project EP/K013661/1*. Nottingham: University of Nottingham, 2016.
- TŘEBICKÝ, V. – NOVÁK, J. *Metodika tvorby místní adaptační strategie na změnu klimatu*. Praha: CI2, 2015, 28 s. ISBN 978-80-906341-0-7.
- VÍTEK, Jiří – VACKOVÁ, Michaela – VÍTEK, Radim – PELČÁK, Petr – ZADRAŽILOVÁ, Miroslava – HORA, David – SOLDÁN, Petr. *Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře*. Olomouc: JV PROJEKT VH s.r.o. pro Statutární město Olomouc, 2018, 201 s.
- ÚKRMP. *Revitalizace nábřeží plzeňských řek – územní studie*. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzeň, 2011.
- ÚKRMP. *Plán rozvoje města Plzně – aktualizace*. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzně, 2013.
- ÚKRMP. *Územní plán Plzeň*. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzeň, 2016.
- ÚKRMP. *Strategický plán města Plzně*. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzeň, 2018a.
- ÚKRMP. *Požadavky na řešení dešťových vod – Plzeň*. Metodický podklad. Aplikace přírodně blízkého hospodaření s dešťovou vodou ve veřejném prostoru. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzeň, 2018b.
- VÍT, Václav – KOPP, Jan. Typology of Outdoor Seating Areas of Restaurants Based on Factors Influencing Their Thermal Comfort. A Case Study of Pilsen City Centre, Czechia. In: *Journal of Settlements and Spatial Planning*. 2019, roč. 10, č. 2, s. 131–142. ISSN 2069-3419.
- VÍTEK, Jiří – STRÁNSKÝ, David – KABELKOVÁ, Ivana – BAREŠ, Vojtěch – VÍTEK, Radim. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. Praha: ZO ČSOP Koniklec, 2015, 127 s. ISBN 978-80-260-7815-9.
- VÍTEK, Jiří. Jak se projevuje úroveň zákonných a technických předpisů na aplikaci modrozelené infrastruktury. In: *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2018, č. 3, s. 27–34. ISSN 1805-6555.
- VOSKAMP, Ilse M. – van de VEN, Frans H. M. Planning support system for climate adaptation: composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. In: *Building and Environment*. 2015, roč. 83, s. 159–167. ISSN 0360-1323.
- WOODS-BALLARD, B. et al. *The SUDS manual (C753)*. London: CIRIA, 2015.
- WORLD FROM SPACE s.r.o. *Satelitní monitoring Plzeň 2018. Pilotní projekt. Shrnutí poznatků*. World from Space s.r.o., 2018, 13 s.
- ZONNEVELD, Isaak S. The land unit – A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. In: *Landscape Ecology*. 1989, roč. 3, č. 2, s. 67–86. ISSN 0921-2973.

RNDr. Jan Kopp, Ph.D.
doc. RNDr. Marie Novotná, CSc.
doc. RNDr. Jiří Ježek, Ph.D.
Fakulta ekonomická
Západočeská univerzita v Plzni

Mgr. Jindřich Frajer, Ph.D.
Přírodovědecká fakulta
Univerzita Palackého v Olomouci

doc. Mgr. Pavel Raška, Ph.D.
Mgr. Martin Dolejš, Ph.D.
Přírodovědecká fakulta
Univerzita Jana Evangelisty Purkyně
v Ústí nad Labem

Planning the blue-green infrastructure by use of ecohydrological assessment of Pilsen's micro-structures, by Jan Kopp, Marie Novotná, Jindřich Frajer, Jiří Ježek, Pavel Raška and Martin Dolejš

Although the blue-green infrastructure is a matter widely discussed in several disciplines such as urban planning, landscape architecture, water management, climatology and nature conservation, use of the term itself remains infrequent in Czech contexts and has no unanimous definition. Foreign sources also use compromise terms, such as blue-green-grey infrastructure, hybrid infrastructure and mixed infrastructure, which has to do with the fact that some elements of rainwater management imitate natural processes (e.g. infiltration and evapotranspiration) but, in fact, are implemented as artificial elements in accordance with technical standards.

This example from the city of Pilsen presents a thematic analysis of planning documents related to blue-green infrastructure. As the analysis of Pilsen's planning documents illustrates, tools for climate change adaptation and efficient use of rainwater are gaining ground and amenity functions of urban water (recreational, social, aesthetic, cultural) are supported in synergy of an ideal city sensitive to water. It is necessary to acknowledge that the objectives and tools of specific levels of water management in cities are cumulated in the course of events, meaning that they can be planned only with a multidisciplinary approach. In this respect, Czech practice is usually at the level of sectoral planning.

As one of the approaches to blue-green infrastructure planning, this article presents a methodology of ecohydrological assessment of urban landscape micro-structures. The categorization of spatial units is based on possible stipulation of several parameters of ecohydrological characteristics for types of elementary areas (e.g. infiltration, evapotranspiration, outflow) and other parameters for functional spatial units called micro-structures (such as typical levels of outflow contamination and climate characteristics). These parameters can be based on the standardization of values, so expressing reference values for regulations, e.g. greenery coefficients such as the Biotope Area Factor for new housing development. At the level of urban landscape micro-structures, water management can be better arranged in decentralized units than in elementary areas.

A model study on the centre of the city of Pilsen has delimited 481 micro-structure units of various types. Besides absolute comparison, ecohydrological classification makes it possible to discern quality of micro-structures of the same type, e.g. in order to identify where improvements are needed in the blocks of Pilsen's city centre. The maps show different ecohydrological characteristics of street corridors in whole street profile because they are analysed as independent units, separate from the blocks. The accuracy of the classification of micro-structures depends on the quality of input data and can form the basis of plan-based development of blue-green infrastructure.