

T A

Č R

Program **Prostředí pro život**

Souhrnná výzkumná zpráva



Projekt SS03010080

Interdisciplinární přístupy efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území v ekonomickém, sociálním a environmentálním kontextu

2023

Autorský kolektiv**Západočeská univerzita v Plzni**

Doc. RNDr. Jan Kopp, Ph.D.

Ing. Pavlína Hejduková, Ph.D.

Doc. RNDr. Jiří Ježek, Ph.D.

Ing. Lucie Kureková, Ph.D.

RNDr. David Vogt, Ph.D.

Česká zemědělská univerzita v Praze

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Ing. Luděk Bureš, Ph.D.

Ing. Jakub Burket

Ing. Lucie Poláková

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Ing. Tomáš Hejduk, Ph.D.

Ing. Štěpán Marval

Mgr. Antonín Zajíček, Ph.D.

RNDr. Pavel Novák, Ph.D.

Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s.

Ing. Filip Urban

Ing. Petra Klimánková

Ing. Jan Krupička, Ph.D.

Ing. Štěpán Zrostlík, Ph.D.

Ing. Mikoláš Kesely, Ph.D.

Souhrnná výzkumná zpráva je výstupem projektu TA ČR Prostředí pro život

SS03010080 – Interdisciplinární přístupy efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území v ekonomickém, sociálním a environmentálním kontextu

Obsah

1 Cíle projektu	 4
2 Metodika výzkumu	 7
3 Rozbor interdisciplinárních přístupů k problematice HDV v kontextu trendů rozvoje měst a zavádění modro-zelené infrastruktury	15
4 Typologie rozvojových ploch z hlediska potřeb HDV	21
5 Návrh koeficientu modro-zelené infrastruktury	31
6 Přehled možností prosazování HDV z pozice veřejné správy	42
7 Hodnocení rozvojových ploch z hlediska podmínek pro HDV na příkladech pilotních měst a obcí	50
8 Softwarová aplikace na principu multikriteriální analýzy	59
9 Návrhy variantních řešení systému HDV	66
10 Shrnutí problematiky a doporučení pro implementaci výsledků	80
Přehled výsledků projektu	90
Literatura	93

1 Cíle projektu

Cílem projektu SS03010080 „Interdisciplinární přístupy efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území v ekonomickém, sociálním a environmentálním kontextu“, řešeného v období 02/2021–12/2023, bylo prostřednictvím multidisciplinárního přístupu vytvořit podporu pro prosazování efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách měst a obcí.

Podle strategického materiálu v oblasti hospodaření se srážkovými vodami (dále uvádíme zkratkou HDV, též hospodaření s dešťovou vodou) v urbanizovaných územích (CZWA 2019 pro MŽP) a požadavků Národního akčního plánu adaptace na změnu klimatu, patří mezi prioritní potřeby vytvořit metodický návod na zapojení požadavků HSV do územně plánovacích podkladů a na implementaci HDV v obcích. Efektivní hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaných územích musí splňovat požadavky technických norem, naplňovat představy budoucích uživatelů a obyvatel města, být ekonomicky efektivní ve fázích realizace i provozu a též přinášet celospolečenské benefity, jako například kvalitní veřejná prostranství nebo ochranu vodních zdrojů.

Plánované výstupy byly formulovány ve dvou rovinách:

- a) Obecná podpora veřejné správy v dané aplikační oblasti, a to především ve formě softwarové aplikace a odborné knihy, podporující optimalizaci výběru, prosazování a také posuzování vhodnosti opatření na jednotlivých funkčních typech rozvojových ploch.
- b) Cílená podpora pěti pilotních měst/obcí, které nemají kapacity na zpracování vlastních specializovaných studií v dané aplikační oblasti, kde bylo úkolem zpracovat odborné podklady a specializované mapy pro rozvojové plochy územních plánů a detailní modelové variantní návrhy řešení pro pět pilotních lokalit různých typů rozvojových ploch.

1.1 Naplnění cíle programu a prioritního výzkumného cíle

Řešení projektu využilo poznatky z výzkumu a praxe z oborů územního plánování, ekonomie, urbanismu, hydrologie, krajinného inženýrství, vodárenství a stokování. Výstupy byly realizovány s ohledem na klimatické, společenské, ekonomické a legislativní podmínky v ČR ve vazbě na územně plánovací dokumentaci a posudkovou činnost orgánů veřejné správy v oblasti životního prostředí. Projekt přispěl k plnění cílů Podprogramu 1, programu Prostředí pro život:

- zvýšení efektivity využívání zdrojů a snížení znečištění životního prostředí;
- omezení rizik plynoucích z nedostatečné, případně extenzivní ochrany životního prostředí, nedostatečné adaptace na změnu klimatu a její důsledky;
- zvyšování kvality života obyvatel ČR, zavádění prevence znečištění životního prostředí místo likvidace důsledků znečištění.

Metodické postupy a výběr řešení pomocí softwaru byly aplikovány na pět základních kategorií rozvojových ploch se zohledněním jejich funkčních, vodohospodářských a ekonomických specifik. Na pilotních lokalitách různých typů vznikly variantní podklady pro modelová řešení HDV, což podpořilo potřeby konkrétních měst a obcí a přineslo řešení nezbytné v rámci optimalizace odtoku a kvality vody z širších povodí. Tím byl naplňován cíl: zavádění prevence znečištění životního prostředí. Do praxe byly

implementovány postupy decentralizovaného hospodaření se srážkovou vodou, aplikující možnosti jejího využití jako zdroje vody nebo termoregulačního média v souladu s cílem: zvýšení efektivity využívání zdrojů. Omezení odtoku vody z urbanizovaných ploch v době přívalových srážek na základě zpracované podpory přinese snížení škod vzniklých přetížením kanalizačních systémů, včetně redukce znečištění místních recipientů přetoky z dešťových oddělovačů. Tím bude posíleno plnění cíle: omezení rizik plynoucích z nedostatečné, případně extenzivní ochrany životního prostředí, nedostatečné adaptace na změnu klimatu a její důsledky. Ekonomická optimalizace návrhů a návody na prosazování opatření HDV napomáhají úsporám v oblasti nákladů na zajištění pitné vody a na čištění odpadních vod. Řešení bylo průběžně konzultováno jako jeden z prioritních úkolů praxe pro odbory ŽP krajských úřadů, fungující jako aplikační garanti projektu.

1.2 Specifické cíle výzkumu

Cílem výzkumu byl vývoj metodické a softwarové podpory pro zavádění komplexních systémů HDV na rozvojových plochách, definovaných územními plány měst a obcí. Řešení se soustředilo především na plochy rozvoje menších měst a obcí, které nemají dostatečné personální kapacity k tvorbě vlastních koncepčních dokumentů HDV.

Typologickým a interdisciplinárním přístupem ke koncepci zavádění HDV se snažíme obohatit metodické postupy pro obce a města v Česku. Typologický přístup vychází z toho, že se jednotlivé typy rozvojových ploch navzájem liší. Každý typ rozvojové plochy má svoje charakteristické prvky zástavby, plochy zeleně a koridory komunikací odlišné od jiných typů svým potenciálem HDV. V rámci rozvojových ploch je třeba také opatření HDV územně koordinovat (Simperler a kol., 2018). Dalším důvodem typologického přístupu k návrhům HDV je fakt, že se funkční rozvojové plochy vyznačují různým podílem veřejných a soukromých práv a aktivit, což se projevuje potřebou odlišných přístupů k prosazování HDV z pohledu městské správy.

Specifické cíle výzkumu byly orientovány na metodickou pomoc veřejné správě při zavádění systému HDV na rozvojových plochách. Konkrétní jsou inovativní tyto specifické cíle projektu:

- 1) provést rozbor interdisciplinárních přístupů k problematice HDV v kontextu trendů rozvoje měst a zavádění modro-zelené infrastruktury;
- 2) zpracovat základní typologii rozvojových ploch z hlediska potřeb HDV a ukázat možnosti jejího použití v praxi;
- 3) navrhnout pro hodnocení ploch ve městě uplatnění pro nově koncipovaný koeficient modro-zelené infrastruktury;
- 4) na základě diskuse překážek a příkladů dobré praxe předložit komplexní přehled možností prosazování HDV z pozice veřejné správy;
- 5) zpracovat modelová hodnocení rozvojových ploch z hlediska podmínek pro HDV na příkladech pilotních měst a obcí;
- 6) vyvinout softwarovou aplikaci na principu multikriteriální analýzy, složící k výběru, posuzování a prosazování HDV na rozvojových plochách;
- 7) s využitím softwarové aplikace, typologického přístupu a průzkumu pěti pilotních lokalit zpracovat návrhy variantních řešení systému HDV.

1.3 Obsah souhrnné výzkumné zprávy

Výzkumná zpráva dokumentuje postup a dosažené výsledky projektu TA ČR č. SS03010080 za celé řešení v období 02/2021–12/2023. Výzkumná zpráva je strukturována podle jednotlivých specifických cílů výzkumu, přičemž samozřejmě jsou tyto cíle komplementární, a proto i popis jejich plnění a výsledků se navzájem doplňuje mezi jednotlivými kapitolami.

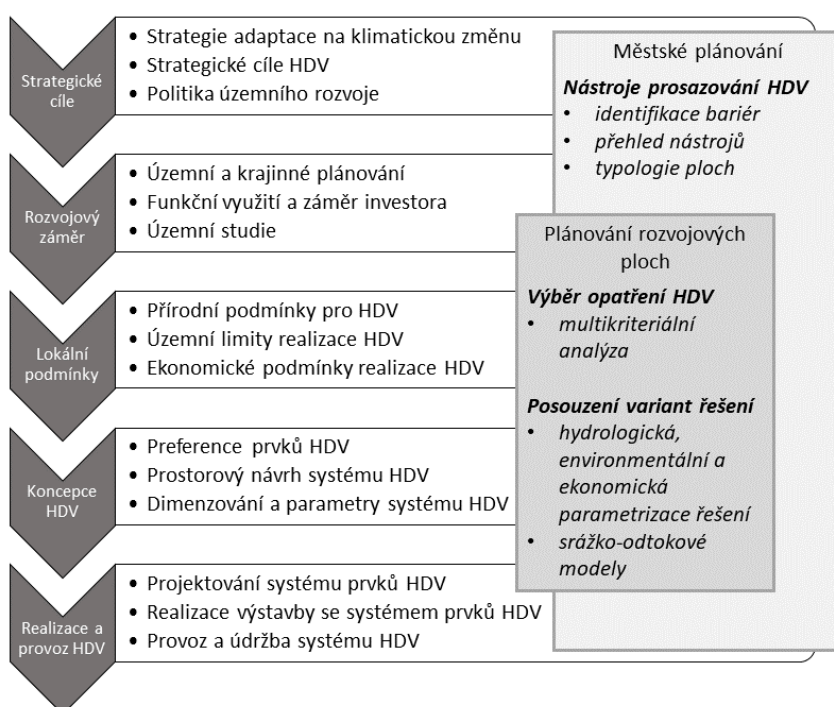
Dílčí části výzkumu byly dále publikovány směrem k veřejné správě v odborné knize *Interdisciplinární přístupy efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území* (Kopp a kol., 2023). Elektronická verze publikace je zveřejněna v digitální knihovně ZČU: <https://doi.org/10.24132/ZCU.2023.12006>. Tištěná verze v celkovém nákladu 300 kusů je distribuována zájemcům z řad veřejné správy a odborné veřejnosti. Zároveň byly publikovány v průběhu řešení recenzované články, kde jsou prezentovány detaily dílčích částí výzkumu, a především výsledky zacílené na potřeby praxe – *Katalog opatření efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území* (Kopp a kol., 2022a), softwarová aplikace RainWaterManager (RWM) (obojí dostupné na <https://www.fzp.czu.cz/rwm>) a specializované mapy rozvojových ploch pilotních měst.

2 Metodika výzkumu

Jednotlivé metodické kroky výzkumu byly zacíleny k vývoji podpory plánování systému HDV na rozvojových plochách (Obr. 2.1). Postup návrhů HDV konkrétních rozvojových lokalit vychází ze strategických cílů na národní, regionální (kraj, SO ORP) a městské úrovni. Národní strategické cíle a priority jsou do praxe prosazované prostřednictvím zákonných podmínek, norem a sektorových strategických nástrojů. Návrh HDV na konkrétní lokalitě potom ovlivňují zájmy města, definované s ohledem na místní environmentální, sociální, technické, ekonomické a politické podmínky rozvoje města. V uvedeném směru je možné rámcově vycházet například z městských strategií adaptace na klimatické změny, koncepce odtokových poměrů, plánů omezujících povodňové riziko, územních studií krajiny, plánů rozvoje modro-zelené infrastruktury nebo zásad tvorby veřejných prostranství. Metodická podpora popsaného postupu byla zaměřena na tři oblasti:

- výběr nástrojů prosazování HDV na úrovni města/obce;
- preferenční výběr opatření na konkrétní rozvojové ploše na základě okrajových podmínek;
- posouzení vhodnosti jednotlivých variant řešení na základě vybraných parametrů v kontextu typu rozvojové plochy.

Pro uživatelské potřeby byl tento proces zprostředkován vytvořenou softwarovou aplikací RainWaterManager (RWM).



Obr. 2.1 Postup plánování HDV na úrovni města a jednotlivých rozvojových lokalit v kontextu použitých metodických postupů na jeho podporu

Zdroj: vlastní zpracování

Přehled použitých metod výzkumu rámcově uvádí následující tabelární přehled (Tab. 2.1).

Tab. 2.1 Rámcový přehled použitých metod výzkumu

Cíl výzkumu	Metodické postupy
Rozbor interdisciplinárních přístupů k problematice HDV v kontextu trendů rozvoje měst a zavádění modro-zelené infrastruktury	tematická a obsahová analýzy dokumentů, strukturované rozhovory
Typologie rozvojových ploch z hlediska potřeb HDV	rozbor zahraničních přístupů, geostatistika, konzultace s experty, příklady dobré praxe
Vývoj koeficientu modro-zelené infrastruktury	geostatistika, testování a adaptace parametrů
Přehled možností prosazování HDV z pozice veřejné správy	příklady dobré praxe, strukturované rozhovory, analýza přímé podpory
Hodnocení rozvojových ploch z hlediska podmínek pro HDV na příkladech pilotních měst a obcí	rozbor územně plánovací dokumentace, geostatistika
Softwarová aplikace na principu multikriteriální analýzy	multikriteriální analýza, vývoj v programovacím jazyce C++.
Návrhy variantních řešení systému HDV	terénní průzkum, vsakovací zkoušky, rozbor analytických podkladů, aplikace environmentálních parametrů, modelování srážko-odtokových procesů

Zdroj: vlastní zpracování

2.1 Postup rozboru interdisciplinárních přístupů k problematice HDV v kontextu trendů rozvoje měst a zavádění modro-zelené infrastruktury

V první části rozboru jsme provedli tematickou analýzu studií a dokumentů v oblasti HDV a modro-zelené infrastruktury (dále uvádíme zkratku MZI). Pozornost jsme věnovali zejména problematice interdisciplinárních přístupů k definici modro-zelené infrastruktury. Pro tuto část výzkumu jsme vybrali dvacet reprezentativních studií z mezinárodního prostředí. Pro každý autorský tým, který publikoval několik článků se stejným metodologickým přístupem, byla vybrána pouze jedna reprezentativní studie. Kromě toho bylo do výzkumu zahrnuto sedm hlavních projektových dokumentů, které ukazují přístupy MZI v praxi. Tímto způsobem byly vybrány studie a dokumenty, které se lišily svým zaměřením a reprezentovaly různé národní nebo mezinárodní projektové týmy. Cílem nebylo zjistit počet dokumentů, ale hledat různé typy shod v přístupech k terminologii a pojetí MZI. Naším cílem bylo identifikovat tematické oblasti, klíčové pojmy a definice MZI. Metodika se řídila zavedenými postupy tematické analýzy dokumentů. Na základě pozorovaných klíčových témat, definic BGI a variací terminologie MZI jsme byli schopni popsat několik typů přístupů ke konceptu. Na základě naší frekvenční a tematické analýzy jsme vytvořili integrující koncept MZI s perspektivou na standardizovanější a systematičtější používání tohoto termínu.

2.2 Tvorba typologie rozvojových ploch z hlediska potřeb HDV

Na základě rešerše byla diskutována specifická kritéria odlišující jednotlivé funkční typy rozvojových ploch. Inspirací pro typologické přístupy k řešení rozvoje HDV byly zahraniční metodiky komplexnějších opatření, jako jsou například metodiky adaptace na klimatické změny nebo rozvoje modro-zelené infrastruktury (Woods-Ballard a kol., 2015; Faltermaier a kol., 2016; Simperler a kol., 2018). Pro vývoj optimálního návrhu řešení HDV na rozvojových plochách se ukázala jako vhodná inspirace britská koncepce Sustainable urban drainage systems (SuDS, Woods-Ballard a kol., 2015). Motivace, cíle a nástroje koncepce SuDS jsou směřovány ke čtyřem klíčovým tématům (Woods-Ballard a kol., 2015): množství vody, kvalita vody, kvalita veřejného prostoru a biodiverzita. Důraz na tato témata se liší podle typu rozvojových ploch. Našemu geografickému prostředí, jak z hlediska urbanismu, tak z pohledu klimatických podmínek, jsou bližší německé metodiky hospodaření s vodou ve městech, jako je například koncepce rozvoje Berlína KURAS (Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme) a Strategický plán rozvoje Klima KONKRET (Schmidt 2010; Faltermaier a kol., 2016).

Charakteristiky základních funkčních typů rozvojových ploch jsme odvozovali ve čtyř krocích:

- 1) Na základě rozboru modelových území a českých zkušeností jsme doplňovali a ověřovali typologické přístupy dostupné v literatuře (např. Woods-Ballard a kol., 2015; Faltermaier a kol., 2016; Simperler a kol., 2018, Sýkorová a kol., 2021).
- 2) Provedli jsme geostatistický rozbor struktury ploch jednotlivých základních typů využití území na modelovém příkladu města Plzně a na jeho základě odvozovali a diskutovali předpokládané environmentální parametry území, charakterizující podmínky pro hospodaření s dešťovou vodou a modro-zelenou infrastrukturu. Použitá typologie jistě nepokrývá seznam kategorií ploch s rozdílným způsobem využití podle vyhlášky č. 501/2006 Sb., ale některé další typy ploch je možné přiřadit k uvedeným pěti typům s jistou mírou příbuznosti podmínek. U dalších typů je třeba hledat oporu ve zdrojích literatury uvedené v bodě a).
- 3) Na pilotních lokalitách byla testována parametrizace a ověřována specifika jednotlivých funkčních typů rozvojových ploch. Pilotní lokality byly voleny z územních plánů spolupracujících měst a obcí (Tachov, Beroun, Drásov, Milevsko, Čelákovice) tak, aby reprezentovaly jeden z pěti vybraných typů rozvojových ploch: plochy bydlení v bytových domech, plochy bydlení v rodinných domech, plochy výroby a skladování, plochy občanského vybavení – komerční, plochy rekreace – parkové (Kopp a kol., 2021b).
- 4) Zobecnění výsledků se potom stalo základem pro obecnou specifikaci podmínek hospodaření s dešťovou vodou na jednotlivých typech rozvojových ploch. Podrobná specifikace ve formě popisu, doporučení rozvoje HDV a environmentálních parametrů se stala součástí Katalogu (Kopp a kol., 2022a) a je též integrována do softwarové aplikace (RWM).

2.3 Vývoj koeficientu modro-zelené infrastruktury

Na základě statistického rozboru struktury ploch jednotlivých typů využití na modelovém území Plzně jsme odvozovali a případně ověřovali platnost doporučovaných hodnot jejich environmentálních parametrů. Jako základ pro srovnání potenciálu pro HDV byly na základě průměrného zastoupení ploch provedeny výpočty koeficientu odtoku se zohledněním tří kategorií sklonu podle normy ČSN 75 6101.

S využitím výsledků statistické analýzy byly zpřesněny navržené obecné charakteristiky jednotlivých typů rozvojových ploch jak na úrovni typických hodnot environmentálních parametrů, tak v rovině specifikace a doporučení při řešení HDV na rozvojových plochách.

Pro hodnocení v rámci aplikačního software byl navržen vlastní koeficient modro-zelené infrastruktury, který vychází z adaptace ukazatel Helsinki Green Factor pro potřeby českých měst (City of Helsinki Environment Centre, 2016; Juhola, 2018). Helsinki Green Factor vznikl v letech 2012–2014 v rámci projektu Climate-Proof City – Tools for Planning. Cílem vývoje environmentálního parametru bylo posílit a zpřesnit plánovací nástroje, které pomohou urbanistům rozvíjet klimaticky odolné město s funkčním systémem HDV.

2.4 Tvorba přehledu možností prosazování HDV z pozice veřejné správy

Další obecná část výzkumu se soustředila na identifikaci překážek a komplikací v procesu zavádění HDV do praxe. Tato identifikace je založena na mnoha diskusích během workshopů, konferencí a konzultací s odbornou veřejností a zástupci veřejné správy. V tomto ohledu byla důležitá role aplikačních garantů (odborů životního prostředí krajských úřadů Plzeňského, Středočeského a Jihočeského kraje) a pracovníků odborů městských a obecních úřadů pilotních území.

Systematická identifikace překážek v procesu zavádění HDV do praxe rozvoje lokalit proběhla s využitím kvalitativního výzkumu na základě strukturovaných rozhovorů s odborníky a pracovníky veřejné správy, kteří přicházejí do kontaktu s problematikou HDV. Metodicky vycházel seznam otázek strukturovaných rozhovorů z přehledů v zahraničních studiích (např. Donovan a kol., 2005; Brown & Farrelly, 2009; Dhakal & Chevalier, 2017). Vyhodnocení bylo provedeno v kontextu zkušeností z podobně zaměřených výzkumů u nás a v zahraničí. Na základě identifikovaných potřeb a řady přehledů, studií, metodik reflektujících domácí i zahraniční praxi a také zjištěných příkladů dobré praxe byl následně sestaven přehled potenciálních nástrojů pro veřejnou správu, které mohou přispět k prosazování systémů HDV při rozvoji měst (tzv. nástroje prosazování).

Specifická pozornost výzkumu byla věnována dvěma kategoriím nástrojů prosazování – přímé veřejné podpoře a environmentální parametrizaci území. Environmentální parametry ploch definují jejich požadované vlastnosti podporující HDV tím, že je kvantifikují.

Kategorie nástrojů byly ohodnoceny podle vhodnosti uplatnění na jednotlivých typech rozvojových ploch. Inspirací ke stanovení typologie funkčních ploch byly zahraniční metodiky HDV, případně metodiky adaptace na klimatické změny nebo rozvoj modro-zelené infrastruktury (Woods-Ballard a kol., 2015; Faltermaier a kol., 2016; Simperler a kol., 2018 apod.). Byl též diskutován a na modelovém území ověřován majetkový podíl města na jednotlivých typech území, protože má vliv na prosazování vhodného systému hospodaření s dešťovou vodou. V diskusi se na základě hodnocení vhodnosti nástrojů detailněji zabýváme potenciálem ekonomických a kooperačních nástrojů prosazování systému HDV především v oblasti ovlivnění soukromých investic.

2.5 Postup hodnocení rozvojových ploch z hlediska podmínek pro HDV na příkladech pilotních měst a obcí

Jako pilotní území byla volena města/obce, která se odlišují přírodními a socio-ekonomickými podmínkami (Tab. 2.2). Pilotní města sloužila jako modelová území percepce problematiky HDV

z pohledu veřejné správy a dále potom jako území pro ověření aplikace metodického postupu při plánování HDV konkrétních vybraných lokalit rozvojových ploch. Ty byly vybírány tak, aby reprezentovaly pět základních typů rozvojových ploch. Výběr pěti základních typů rozvojových ploch vyplynul jednak ze zkušeností praxe, které byly diskutovány se zástupci veřejné správy, a dále byl výběr stanoven na základě rozboru územně plánovací dokumentace vybraných měst.

Elaboráty specializovaných map se v první části věnují charakteristikám města a jeho rozvojových ploch, definovaných podle územního plánu. Pro jednotlivá města/obce bylo provedeno geostatistické hodnocení podmínek HDV. Mapové kompozice jednotlivých mapových elaborátů byly zpracovány každý v rozsahu cca 50 stran map, textů, tabulek, grafů, fotodokumentace a vizualizací. Elaboráty propojují prostorové a databázové informace o variantních řešeních optimalizovaného HDV na rozvojových plochách uvedených měst.

Socio-ekonomické hodnocení se věnuje socio-ekonomické poloze, demografickým ukazatelům ve vztahu k rozvoji města a dále využití ploch v celkovém přehledu, ekonomickému, sociálnímu a lidskému kapitálu jako předpokladu rozvoje. Kartograficky, textově a graficky jsou zpracovány přehledy rozvojových ploch ve městě z hlediska podmínek HDV. Jedná se o přehledy hydrografické sítě, sklonitosti, potenciálu vsaku, půdním poměrům a dostupnosti kanalizace. V detailu vybrané pilotní lokality rozvojové plochy potom byly analyzovány charakteristiky fyzicko-geografických podmínek jako podklad pro návrh řešení systému HDV. Velmi důležitým podkladem byl také vlastní terénní průzkum a provedené vsakovací zkoušky (zajištěné externím dodavatelem). V úvahu byly brány také vlastnické poměry pozemků s umístěním prvků HDV (zejména u lokality Čelákovice).

Tab. 2.2 Výběr pilotních lokalit pro aplikovaný výzkum

Město/obec krajská příslušnost	Přírodní podmínky	Socioekonomické podmínky	Typ rozvojové plochy pilotní lokality
Tachov Plzeňský kraj	vysoká sklonitost reliéfu	relativně periferní poloha	bydlení hromadné
Beroun Středočeský kraj	vyšší sklonitost reliéfu	exponovaná dopravní poloha v Pražské aglomeraci	bydlení individuální
Čelákovice Středočeský kraj	nízká sklonitost reliéfu, specifické hydrogeologické podmínky	rozvojová poloha v Pražské aglomeraci	rekreace
Drásov Středočeský kraj	nízká sklonitost reliéfu	exponovaná rozvojová poloha ve vazbě na D4	výroba a skladování
Milevsko Jihočeský kraj	nízká sklonitost reliéfu, specifické hydrogeologické podmínky	mírně periferní poloha	občanská vybavenost – komerční

Zdroj: vlastní zpracování, podrobnější charakteristiky uvádí Kopp a kol., 2021d

2.6 Vývoj softwarové aplikace na principu multikriteriální analýzy

V rámci projektu byl proveden vývoj, testování a zpracování doprovodné dokumentace softwarové aplikace RWM (RainWaterManager), zaměřené na multikriteriální analýzu území pro výběr efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území. Softwarová aplikace byla vyvíjena a testována s ohledem na potřeby veřejné správy. Bylo upřednostňováno uživatelské rozhraní vhodné na úrovni referentů veřejné správy, kteří nejsou specialisté na problematiku HDV. V publikaci je demonstrován příklad použití při výběru variantních řešení systému HDV na vybrané pilotní lokalitě. Další příklady jsou zpracované a pro zájemce dostupné mimo tuto publikaci ve formě elaborátů specializovaných map pilotních měst a jejich modelových lokalit.

Otázka volby nejvhodnější varianty opatření HDV obvykle naráží na množství kritérií, na kterých samotná volba přímo nebo nepřímo závisí. Počet a typ kritérií je primárně ovlivňován konkrétními podmínkami v řešené situaci. Sekundárně pak mají vliv osobní preference investora. Počet výběrových kritérií se může pohybovat od několika málo v případě jednoduchých situací, až po jejich velké množství v případě složitých a rozsáhlých projektů. Přesný počet kritérií a jejich povahu nelze obecně stanovit. I přes tuto skutečnost byl pro potřeby softwaru RainWaterManager (RWM) definován základní seznam otázek, které mají uživateli pomoci s výběrem konkrétního opatření vhodného pro jím definovanou situaci.

Tyto otázky vycházejí z různých okruhů témat jako jsou: přírodní nebo technická omezení pro realizaci daného opatření HDV, náročnost na jeho zhotovení a údržbu, tematické zaměření nebo zohlednění funkčního typu rozvojové plochy. Vybrané přírodní, lokální a technické podmínky vyplývají zejména z požadavků norem ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod a TNV 75 9011 – Hospodaření se srážkovými vodami. Další kritéria pak byla zvolena na základě potřeby sledovat obecné společenské cíle (např. potřeba řešit sucho, povodně) či na základě komunikace s potencionálními uživateli (např. ekonomické hledisko realizace a údržby).

Pro každou otázku byl sestaven seznam přednastavených odpovědí, které uživatel volí z uvedené nabídky. Odpovědi jsou pak použity k bodovému ohodnocení opatření HDV. Toto ohodnocení vyjadřuje větší nebo menší vhodnost daného opatření pro podmínku, kterou reprezentuje zvolená odpověď. Některé otázky mají vylučující charakter. Znamená to, že pokud je volba odpovědi vyhodnocena jako neslučitelná s požadavky některého opatření HDV, dojde k jeho vyloučení. Celkem bylo zvoleno jedenáct otázek, které byly rozděleny do pěti tematických okruhů, jimiž jsou: a) tematické zaměření, b) využití prostoru, c) přírodní podmínky, d) lokální omezení a e) náklady.

Software RWM byl laděn a testován v kontextu zpracování návrhu variant systémů HDV pro pilotní lokality v souvislosti s tvorbou specializovaných map. Použití na pilotních lokalitách poskytovalo cenné vazby pro výběr parametrů dimenzování a jejich validaci.

Software RWM byl koncipován jako samostatně spustitelná aplikace (*.exe) vyvinutá v programovacím jazyce C++. Jeho spuštění nevyžaduje žádnou instalaci. Software je k dispozici ve formě distribučního balíku, ten obsahuje program RWM a přiložené dokumenty, na něž se odkazuje (Katalog opatření HDV).

2.7 Zpracování návrhů variantních řešení systému HDV

Vlastní návrhy řešení HDV na rozvojových plochách byly zpracovány na základě provedených rozborů a s využitím vyvinuté softwarové aplikace RWM.

Na vybraných pilotních lokalitách proběhl základní terénní průzkum, fotodokumentace rozbor dostupných geodat, definovány byly širší vztahy lokalit k odtokovým poměrům a byl proveden detailní hydrogeologický průzkum (vsakovací zkoušky).

Hydrogeologický průzkum byl zajištěn externě v rámci služeb na vsakovací zkoušky. Postupně byly prováděny vsakovací zkoušky na jednotlivých pilotních lokalitách, kromě rozvojové plochy v Milevsku, kde lze využít průzkumy z přípravy stavební činnosti. Výsledky provedeného hydrogeologického průzkumu pilotních lokalit, zaměřeného na schopnost infiltrace území, budou spolu s územním hodnocením hydrogeologické situace podle dostupných zdrojů využity jako základní podklad pro rozhodování o možnosti výběru opatření HDV.

Pro každou pilotní lokalitu byly do elaborátu specializované mapy zpracované tři varianty řešení diferencované podle míry zapojení prvků HDV:

a) Varianta 1 – bez návrhu (konvenční návrh odvodnění)

Nejméně vhodné řešení HDV rozvojové plochy počítá s přímým odváděním srážkových vod dešťovou kanalizací bez jakýchkoliv opatření ke snižování množství, retenci či retardaci odtoku. Jedná se v dnešní době spíše o teoretickou variantu, která má sloužit ke srovnávacím účelům a vyzdvihnout účelnost návrhu HDV.

b) Varianta 2 – úsporný návrh HDV

Minimalistický návrh HDV odpovídá návrhu s minimálním omezením investora, tj. minimalizace nákladů na realizaci, provoz a zejména minimalizace záboru rozvojové plochy. Pro zajištění efektivního snížení odvádění srážkových vod mohou být navrženy retenční nádrže povrchové či podzemní.

c) Varianta 3 – optimální (ideální) návrh HDV

Ideální návrh HDV na rozvojové ploše počítá s využitím celé škály prvků HDV. Opatření na budovách (zelené střechy, zelené fasády apod.), v uličním profilu (dešťové záhony, zasakovací průlehy, propustné povrchy) a veřejné zeleni (retenční nádrže, plošné vsakování, výsadba zeleně apod.) mají nároky na zábor rozvojové plochy, investiční náklady a náklady na jejich údržbu. Motivací k těmto opatřením jsou pozitiva, která s sebou nesou v podobě adaptace na klimatické změny, zlepšování mikroklimatu, zvyšování standardu veřejného prostoru apod., což zvyšuje kvalitu a cenu rozvojové plochy.

Varianty byly porovnávány (jak dokládají výsledné tabulární prezentace) z hlediska vlivu na odtok (hydrologické parametry), možného posílení ekosystémových služeb (koeficient modro-zelené infrastruktury) a z také hlediska ekonomické náročnosti. Hydrologické parametry byly zároveň ověřovány srovnáním s výsledky srážko-odtokového modelu pro každou lokalitu, aby byla zajištěna kontrola výsledků softwarové aplikace. Zároveň tak byla ověřována funkčnost vytvořeného softwaru RWM.

2.8 Harmonogram průběhu výzkumu

02/2021–06/2021: Rozbor terminologie, vstupních a výstupních podmínek jednotlivých úkolů projektu. Volba pilotních rozvojových lokalit dle předjednané spolupráce s praxí, zajištění územně plánovacích podkladů.

07/2021–12/2021: Tvorba katalogu opatření. Design software a možností zpracování katalogu opatření do aplikačního software. Pořizování a příprava geodat, terénní průzkumy. Příklady dobré praxe.

01/2022–06/2022: Příprava a tvorba katalogu opatření. Vývoj softwarové aplikace RWM. Analytické zpracování rozvojových ploch a pilotních lokalit v GIS. Strukturované rozhovory se zástupci praxe.

07/2022–12/2022: Finalizace katalogu opatření. Zpracování struktury monografie ve vazbě na další výstupy. Testování SW aplikace. Syntetické zpracování map s návrhem opatření v GIS. Modelování srážko-odtokových procesů. Vývoj parametrů pro hodnocení variant (koeficient modro-zelené infrastruktury).

01/2023–06/2023: Zpracování výsledků strukturovaných rozhovorů. Obsahová finalizace monografie. Finalizace softwaru RWM. Ekonomické posouzení variant rozvoje lokalit. Posouzení variant řešení s využitím modelování srážko-odtokových procesů.

07/2023–12/2023: Tisková finalizace monografie, recenzní řízení a publikace. Tisk a distribuce výstupů, prezentace na workshopech, konferencích a webech. Finalizace zpracování mapových elaborátů s variantním návrhem opatření a jeho vizualizací.

2024–2026: Implementace výsledků do praxe prostřednictvím aplikačních garantů, aktualizace SW a metodiky.

3 Rozbor interdisciplinárních přístupů k problematice HDV v kontextu trendů rozvoje měst a zavádění modro-zelené infrastruktury

Na národní úrovni považuje *Strategie regionálního rozvoje České republiky 2021+* změnu klimatu a její dopady za jeden z nejvíce relevantních globálních megatrendů ovlivňující regionální rozvoj (MMR, 2019). Přestože existují nejistoty v územní specifikaci a intenzitě dopadů změny klimatu podle modelových scénářů pro ČR (Rulfová a kol., 2017; Beran a kol., 2019), je téma adaptace na měnící se klimatické podmínky zásadní součástí strategického plánování pro 21. století (EEA, 2020; MZe, 2014; MŽP, 2015; MŽP, 2021). V Česku je proces adaptace na klimatickou změnu podporován také lokální politikou spolu s řadou projektů neziskových organizací (Dlabka a kol., 2016; Třebický & Novák, 2015; Pondělíček a kol., 2016). V posledních letech dochází k posilování podpory adaptačních opatření také u zastupitelů měst a obcí, kteří dosud nebyli přesvědčeni o potřebě přijímat adaptační opatření (Ježek & Mičudová, 2020). Změny postojů směrem k vyšší míře vnímání problému klimatické změny jsou v posledním období zaznamenávány také u české veřejnosti. Podle publikovaných výsledků reprezentativního šetření názorů české veřejnosti (Krajhanzl a kol., 2015; Krajhanzl a kol., 2021) si změnu klimatu spojuje významná většina lidí s projevy jako jsou sucho, vlny veder, přívalové deště, povodně nebo znečištění ovzduší.

Existují různé přístupy, jak řešit klíčové problémy adaptace měst na změnu klimatu jako jsou záplavy a vysoké teploty. Dosud dominovaly přístupy založené na stávajícím systému, například zvyšování kapacity kanalizačních systémů a kapacity cest nouzového odtoku srážkové vody nebo instalace klimatizací pro zvládnutí tepelného stresu. Urbanisté si však postupně více uvědomují potenciál přírodně blízkých opatření pro retenci vody a zmírnění teplot. Plochy zeleně a další opatření pomáhají snížit přímý odtok dešťové vody a zmírnit teplotu tím, že využívají svoji kapacitu vsakování a retence. Je tím dosahováno přírodně blízkých podmínek odtoku a podpory výparu (evapotranspirace) s termoregulačním účinkem (Bowler a kol., 2010). Zelená infrastruktura nabízí řadu dalších výhod jako je zvýšení kvality pobytové funkce, zvýšení hodnoty nemovitostí, snížení hluku či znečištění ovzduší a další zdravotní výhody (Kučera a kol., 2023). Plánování zelené infrastruktury představuje atraktivní adaptační strategii, která přispívá k udržitelnému rozvoji městských oblastí. V kontextu a propojením s problematikou HDV se etabloval pojem modro-zelená infrastruktura.

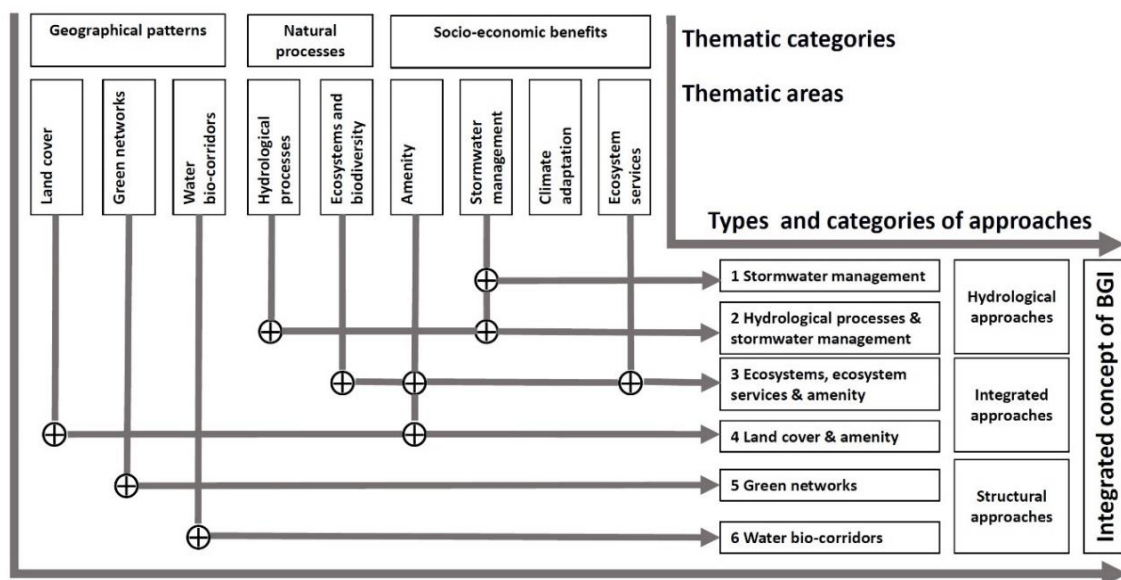
3.1 Modro-zelená infrastruktura v mezinárodním kontextu

Modro-zelenou infrastrukturu (MZI) chápeme jako nástroj hospodaření s dešťovou vodou, ve kterém se preferují ekosystémové přístupy a vodohospodářská opatření jsou spojená se systémem zelených sítí. V tomto smyslu koncept modro-zelené infrastruktury navazuje na univerzálnější koncept zelené infrastruktury aplikovaný podle pokynů Evropské komise (EEA, 2015; EC, 2013). Zavádění nové terminologie modro-zelené infrastruktury samozřejmě ještě neznamená posun v plánovací praxi, ale může pomoci komplexnímu pojetí multifunkčního významu městských ekosystémů (Hoang & Fenner, 2016).

Vybrali jsme dvacet sedm studií a dokumentů zaměřených na modro-zelenou infrastrukturu v mezinárodním prostředí (Kopp a kol., 2021b). Analýza potvrdila, že definice MZI není v mezinárodním kontextu jednotná, což vede k tomu, že jednotlivé studie a projekty se tematicky liší v definici obsahu. I přes výše popsanou terminologickou nekonzistenci jsme identifikovali devět často zmiňovaných tematických okruhů v souvislosti s MZI (Obr. 3.1). V návaznosti na studie, které kategorizují podobně zaměřenou zelenou infrastrukturu (Wang et al., 2018) jsme vytvořili následující tři tematické kategorie zaměření studií BGI:

- a) geografické (prostorové) struktury (krajinný pokryv, zelené sítě, vodní biokoridory),
- b) přírodní procesy (hydrologické procesy, ekosystémy a biodiverzita) a
- c) socioekonomické přínosy (vybavení, hospodaření s dešťovou vodou a adaptace na klima a pokusy o zavedení ekosystémových služeb).

Uvedené kategorie se vzájemně nevylučují ani nejsou vyčerpávající, ale pokrývají všechny klíčové aspekty MZI.



Obr 3.1 Přehled od tematických kategorií a okruhů BGI studií se zaměřením na typologii přístupů a integrované pojetí BGI

Zdroj: vlastní zpracování Kopp a kol., 2021b

Typologie přístupů k MZI

S ohledem na devět tematických oblastí souvisejících s konceptem MZI byla provedena obsahová analýza obsahu studií a dokumentů, která vedla ke stanovení šesti základních typů přístupu k BGI (Obr. 3.1):

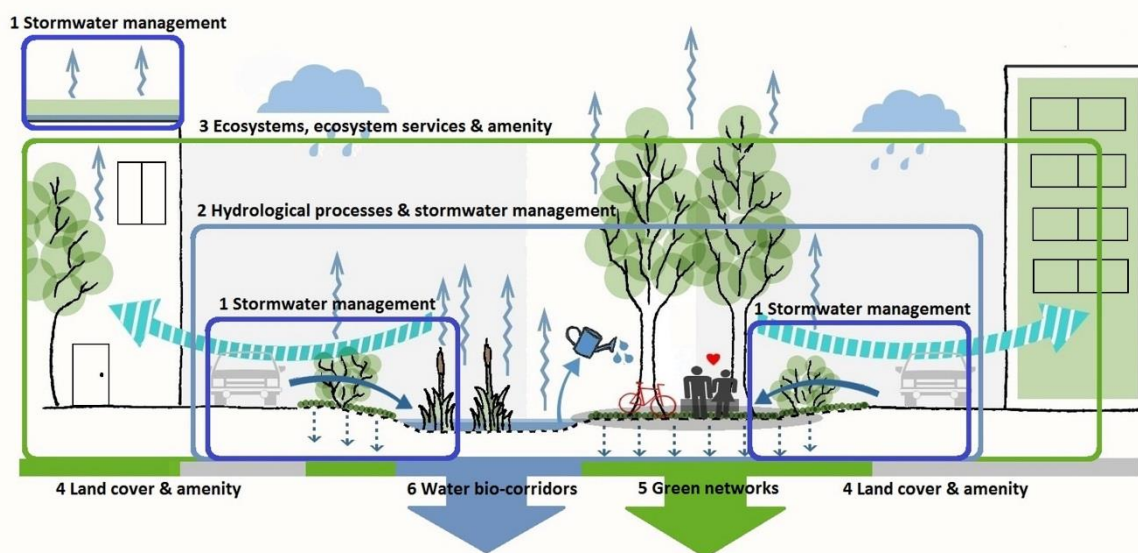
- 1) Hospodaření s dešťovou vodou,
- 2) Hydrologické procesy a hospodaření s dešťovou vodou,
- 3) Ekosystémy, ekosystémové služby a amenitní funkce,
- 4) Krajinný pokryv a amenitní funkce,

- 5) Zelené sítě (sítě zelené infrastruktury) a
- 6) Biokoridory vodních toků.

Navrhované typy přístupů lze rozdělit do tří základních koncepčních kategorií:

- i) hydrologické přístupy (hospodaření s dešťovou vodou, hydrologické procesy a hospodaření s dešťovou vodou),
- ii) integrované přístupy (ekosystémy, ekosystémové služby a amenitní funkce, krajinný pokryv a amenitní funkce) a
- iii) strukturální (zelené sítě, vodní biokoridory).

Předložené rozdělení do tří základních koncepčních kategorií je inspirováno kategorizací přístupů k zelené infrastruktuře ve městech (Wang et al., 2018). Výsledné typy ukazují, že některé studie a dokumenty z různých národních prostředí a různých kontextů plánování spolu koncepčně souvisí. Definované typy lze nejlépe interpretovat jako fuzzy množiny, které napomáhají orientaci v jinak nejasném terminologickém prostředí, tedy v oblasti, která postrádá jednotnou definici základních pojmů v oblasti MZI (Obr. 3.2).

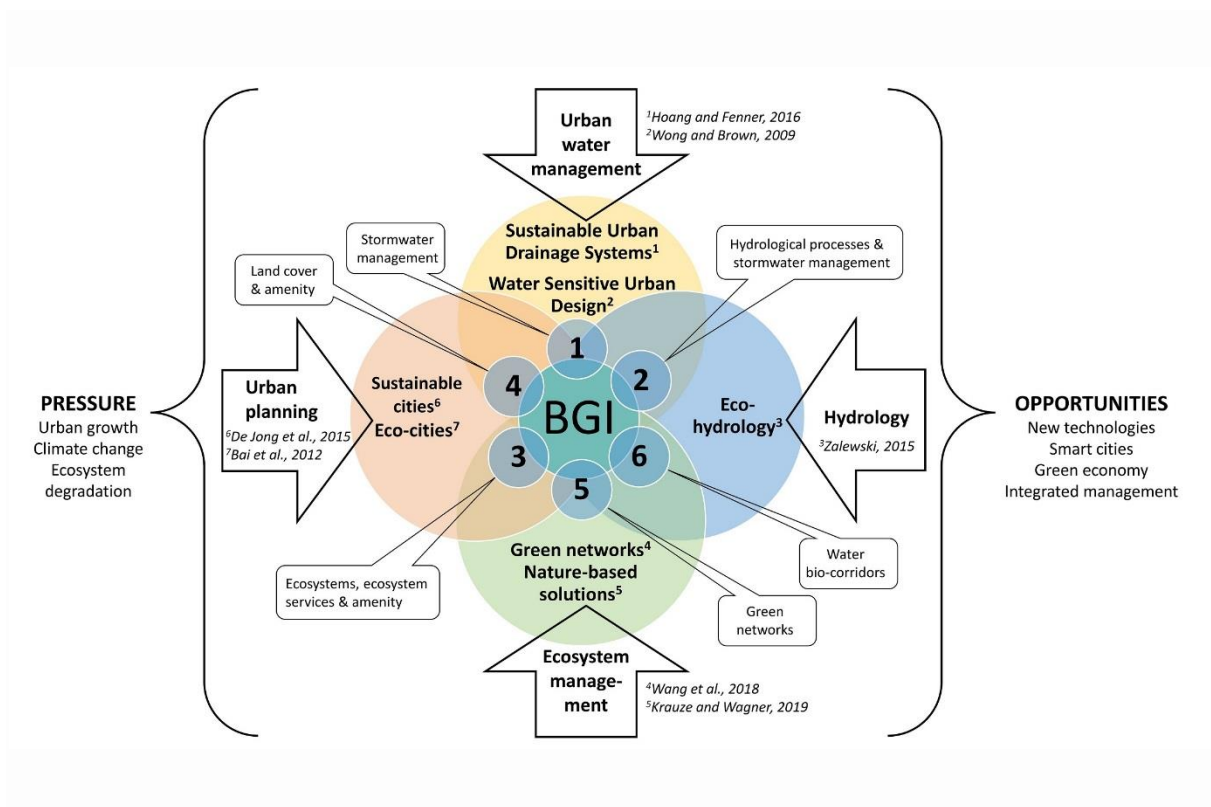


Obr. 3.2 Schematické znázornění přístupů k MZI v městské krajině Zdroj: Kopp a kol., 2021b na základě typologie na Obr. 3.1; podkladová kresba dle Koppa et al. (2017) a Faltermaier et al. (2016)

Navzdory rozdílům v terminologii jsme našli mnoho průsečíků v přístupech MZI, které naznačují podstatnou potřebu hlubší multidisciplinární integrace. Navrhujeme integrační koncept MZI, který propojuje přístupy jednotlivých oborů. Každá disciplína deklaruje MZI jako nástroj pokroku ve své oblasti (Obr. 3.3), ale jejich přístupy k MZI se liší v tematickém zaměření. Vidíme četné průsečíky a propojení mezi typy přístupů k MZI a mezi obory, a to nejen v akademické sféře, ale také v praxi rozvoje měst. Můžeme rozlišit čtyři základní směry pro rozvoj vědy a plánovací praxe, zaměřené na podporu integrovaného konceptu BGI:

- 1) hospodaření s vodou ve městech (Hoang & Fenner, 2016; Wong & Brown, 2009),
- 2) územní plánování (de Jong et al., 2015; Bai et al., 2012),

- 3) hydrologie (Zalewski, 2015) a
- 4) ekosystémový management (Wang et al., 2018; Krauze & Wagner, 2019).



Obr. 3.3 Integrace multidisciplinárního konceptu BGI na základě analýzy přístupů a citovaných studií
Zdroj: Kopp a kol., 2021b

Jak ukazují předložené studie, ekohydrologická adaptační opatření je třeba plánovat integrovaně na více měřítkových úrovních (elementární plochy, pozemky, funkční celky zástavby, sídla, krajinné celky, povodí). Integrovaný management proto zohledňuje a propojuje jednotlivé měřítkové úrovně. Cílem je, aby bylo dosaženo zlepšení společenských podmínek (např. zvýšení kvality veřejných prostranství, bezpečné dostupnosti pitné vody apod.), ekonomického užitku (např. úspory nákladů na infrastrukturu) a také zvýšení kvality životního prostředí (např. zlepšení stavu vodních ekosystémů). Pro pochopení složitých vazeb mezi jednotlivými požadavky udržitelného rozvoje je třeba rozvíjet interdisciplinární studia.

Veřejná prostranství by měla pomocí modro-zelené infrastruktury zajistit splnění následujících tří základních požadavků (Faltermaier et al., 2016). Pokud to umožňuje jejich struktura ploch, je třeba na veřejných prostranstvích zadržet a efektivně využít srážkovou vodu. Především při intenzivních srážkách je nutné omezit zrychlený povrchový odtok do jednotného kanalizačního systému a jeho následné přímé přetoky do vodních toků. V souvislosti s adaptací veřejných prostranství na klimatické změny se požaduje podpořit výpar z vodních ploch, mokřadů a zeleně, a tak snížit vliv přehřátých povrchů městské krajiny, zejména v oblastech tepelných ostrovů měst.

Aktuální trendy podporující zavádění modro-zelené infrastruktury měst jsou součástí systémových změn ve vodním hospodářství měst. Podpora vzniká inovacemi a aplikacemi nových technologií (např.

zelených střech, recyklace vody) a zároveň probíhá na organizační úrovni (např. budování vodohospodářsky decentralizovaných zón, sektorová integrace tématu vody v územním plánování).

Z pohledu tvorby veřejných prostranství je vhodné připomenout, že zavádění modro-zelené infrastruktury přináší nejen benefity vodohospodářské, ale také ekosystémové a sociální (Howe & Mitchell, 2012). Vybavenost veřejných prostranství funkční zelení s vodními prvky přináší řadu důležitých služeb (Woods Ballard et al., 2015). Dochází k omezení rizika povodní, podpoře a ochraně hydrologického cyklu. Přírodě blízké prvky napomáhají eliminaci zdrojů znečištění odtoku vody. Klíčový je příspěvek k tvorbě lepšího a udržitelného prostředí k životu lidí. A v neposlední řadě je významný také přínos pro životní prostředí organismů žijících v městské krajině.

3.2 Modro-zelená infrastruktura v národním kontextu

V českém prostředí se zatím pojem *modro-zelená infrastruktura* (nebo *modrozelená*, *zelenomodrá* či *modrá a zelená*) frekvencuje zatím relativně málo nebo v odkazech na zahraniční zdroje. Příkladem jsou metodické publikace zaměřené na adaptaci měst na klimatickou změnu (Pondělíček a kol., 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.

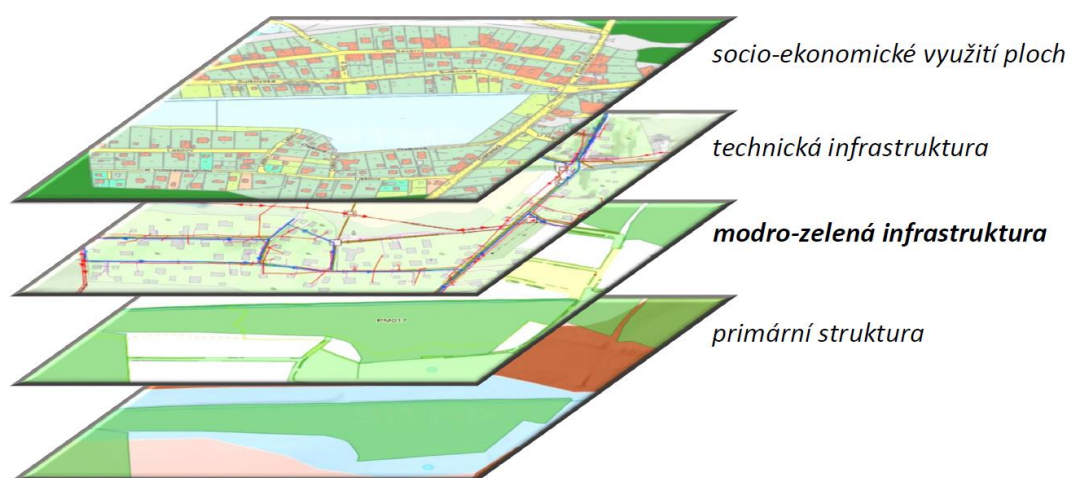
Plánování funkčně propojené *zelené infrastruktury* měst je v zahraničí věnována pozornost odborných studií a plánů (Zalewski, 2015). V Česku se diskutuje o rozšiřování plánů ekologických sítí z nezastavěné krajiny do prostředí urbanizované krajiny, aniž by se věnovala pozornost specifikům městské krajiny a odlišným potřebám městského plánování. 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, klimatology či ochránci přírody, zatím ovšem bez přesnějšího ukotvení terminologie (Vítek, 2018; CZWA, 2019). Na podporu meziooborové diskuse byla založena Platforma pro zelenou a modrou infrastrukturu (Macháč a kol., 2019). 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, a to jak v rovině praktické (např. různé stupně ekologické kvality povrchových retenčních nádrží (Kopp & 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.

Rozvoj modro-zelené infrastruktury je třeba chápat jako nástroj integrovaného územního plánování funkčních systémů městské krajiny, které s pomocí ekosystémových služeb městské zeleně podporují

decentralizované hospodaření se srážkovými vodami. Je ovšem nezbytné také v české praxi účelně sjednotit a legislativně ukotvit terminologii, aby se předcházelo nesouladu v interpretaci studií a dokumentů (podobně jako se to podařilo u zelené infrastruktury). Praxe HDV vyžaduje interdisciplinární chápání problematiky a podobně i přístup k definici modro-zelené infrastruktury. Jak ukázal rozbor zahraniční terminologie, mezinárodní prostředí není v tomto směru vůbec jednotné (Kopp a kol., 2021a). Pro českou praxi může být vhodným vymezením definice, kterou uvádí Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy (Stránský a kol., 2021a, s. 5) a doporučuje ji Ministerstvo životního prostředí: „Modrozelená infrastruktura je soubor přírodě blízkých a technických opatření, která propojují srážkový odtok s vegetačními a vodními prvky v sídlech za účelem podpory přirozeného lokálního koloběhu vody, zvýšení jakosti vod, zlepšení mikroklimatické funkce zeleně a dalších ekosystémových služeb.“ Je třeba vzít v úvahu, že konektivita modro-zelené infrastruktury je ve shodě s uvedenou definicí zprostředkována procesy oběhu vody, a tedy na jiném principu než konektivita zelené infrastruktury.

V rámci územně-plánovacího procesu je vhodné zohledňovat vazby mezi přírodním systémem (primární strukturou krajiny) a socio-ekonomickým systémem (sekundární a terciální strukturou krajiny). Prostorově interakční roli mezi těmito systémy plní infrastruktura, přičemž v tradičním pojetí plánování je to technická infrastruktura, např. sítě vodovodů a kanalizací (van Schaick & Klaasen, 2011). Potřeba zapojení přírodě blízkých opatření a holisticky chápaného plánování rozšiřuje tuto interakční vrstvu o síť modro-zelené infrastruktury (Obr. 3.4). Optimalizace výběru variant proto také musí zohledňovat interdisciplinární souvislosti.



Obr. 3.4 Schéma složek plánovacího procesu, rozšířené o modro-zelenou infrastrukturu

Zdroj: vlastní zpracování rozšiřující původní schéma van Schaick & Klaasen (2011); Tjallingii (2015)

4 Typologie rozvojových ploch z hlediska potřeb HDV

4.1 Potenciál typů rozvojových ploch pro hospodaření se srážkovou vodou

Pro stanovení regulativů a podporu plánování byly odvozeny charakteristiky typů rozvojových ploch určující potenciál pro optimální návrh hospodaření s dešťovou vodou (Tab. 4.1). Při stanovení charakteristických hodnot koeficientů jsme vycházeli z předchozí statistiky modelových území města Plzně, ale také z dostupných tabelárních přehledů (Geletič a Lehnert, 2017). Významným standardem typologie území pro potřeby HDV mohou být též tzv. místní klimatické zóny (LCZ – Local Climate Zone), primárně definované pro potřeby klimatického modelování urbanizovaných území (Stewart & Oke, 2014; Lehnert et al. 2015). V typologii ploch proto odkazujeme na příslušné typy LCZ s využitím charakteristických parametrů podílu zastavěných ploch nebo podílu nepropustných ploch.

Tab. 4.1 Charakteristiky typů rozvojových ploch určující potenciál hospodaření s dešťovou vodou

Charakteristika/ typ území	1 Plochy bydlení – bytové domy	2 Plochy bydlení – rodinné domy	3 Plochy výroby a skladování	4 Plochy občanského vybavení – komerční	5 Plochy rekreace – parkové
Koeficient zastavěných ploch	0,15–0,40	0,10–0,30	0,20–0,60	0,15–0,50	0–0,10
Koeficient zeleně	0,45–0,60	0,50–0,75	0,20–0,40	0,30–0,50	0,70–0,95
Koeficient odtoku	0,40–0,60	0,20–0,50	0,50–0,65	0,50–0,60	0,10–0,30
Místní klimatická zóna	LCZ 5	LCZ 6, LCZ 9	LCZ 8	LCZ 3, LCZ 8	LCZ B
Potenciál vyšších teplot	••	•	•••	••	
Riziko znečištění odtoku	•	•	•••	••	
Potenciál vegetace na budovách	••	•	••	•••	
Potenciál pobytových funkcí	••	••		•	•••
Význam uličních koridorů	•••	•••	•	••	
Podíl veřejných prostranství	•••	•		••	•••

• málo významné •• významné ••• velmi významné

Zdroj: vlastní zpracování na základě statistiky ploch a rozboru citované literatury

Environmentální parametry ploch jsou v typologii uvedeny v relativně širokých intervalech s vědomím, že pro praxi bude třeba rozlišovat podle specifických podmínek například sklonitosti území, místních podmínek zástavby podle územních plánů atd. Na základě uvedených parametrů a dostupných zdrojů (Woods-Ballard et al., 2015; Faltermaier et al., 2016; Simperler et al., 2018; Sýkorová et al., 2021; Vitek

et al., 2015; Kopp et al., 2017; WEF, 2014; Slaney, 2017) byly stanoveny potenciální podmínky ovlivňující návrh systému HDV u jednotlivých typů. Empirická část studie na modelovém území Plzně pomohla ověřit a upřesnit environmentální parametry jednotlivých typů rozvojových ploch (WEF, 2014; Slaney, 2017). Ty se promítají do stanovených charakteristik (druhá část tabulky 3). Uplatňují se přitom například vazby mezi zástavbou a potenciálem zvyšovat teplotu nebo mezi podílem území veřejných prostranství v majetku města a potenciálem pobytových funkcí apod. (WEF, 2014; Iwaszuk et al., 2019)

V důsledku je tak možné stanovit v dalším postupu preference jednotlivých typů opatření podle vhodnosti pro určitý typ rozvojové plochy a vybrat doporučené nástroje prosazování pro městskou správu. Vybraná specifika uvádíme v dalším textu ve zkráceném přehledu. Typologii ilustrují vybrané příklady realizovaných prvků HDV (Obr. 4.1).



Obr. 4.1 Příklady prvků hospodaření se srážkovou vodou na různých typech funkčních ploch

Zdroj: vlastní fotografie autorů (Kopp a kol. 2022b)

Typ 1: Plochy bydlení v bytových domech

Zmírnění teplotního stresu lze dosáhnout plánovaným prouděním vzduchu mezi budovami tak, aby docházelo k přenosu chladnějšího vzduchu z městské zeleně a vodních ploch do prostorů s významnou pobytovou funkcí. Pro realizaci vsakovacích nebo retenčních objektů lze kapacitně využít veřejná multifunkční prostranství, například plochy rekreace sloužící jako akumulční a vsakovací plošné prvky v době přívalových srážek. Vhodná je realizace větších umělých mokřadů podporujících retenci a čištění vody a zároveň biodiverzitu. Je zde také možnost aplikace zelených střech a ozelenění balkónů. Přebytková voda je při extrémních srážkových situacích odváděna nouzovými cestami centralizovaným způsobem. Společné řešení a management HDV je podmíněno spoluprací mezi investorem, případně vlastníky bytových jednotek a majitelem ploch mezi budovami, typicky městskou správou.

Typ 2: Plochy bydlení v rodinných domech

Při plánování rozvojových ploch je vhodná podpora množství zeleně či polopropustných povrchů na úkor nepropustných ploch jak v uličním profilu, tak na soukromých pozemcích. Využití akumulované srážkové vody lze pro provoz domu nebo pro závlahu zahrady, efektivitu zajišťují kvalitní systémy řízené akumulace a čerpání podle provozních podmínek. Při omezeném prostoru na pozemku je podle infiltračních podmínek možná podpovrchová retence nebo drobné povrchové prvky podporující vsak (dešťové zahrádky, vsakovací rýhy). Vhodné je také projektování zelených střech. Rozsáhlé zahrady se soukromým využitím potenciálně ovlivňují HDV provozem bazénů (potřeba vody, výpar) nebo instalací zahradních jezírek (možnost kombinace s akumulací srážkové vody).

Typ 3: Plochy výroby a skladování

Soukromé vlastnictví, velké investiční celky a podnikový provoz zaměřený na efektivitu umožňují komplexní řešení systémů HDV na větších pozemcích. Vysoký podíl nepropustných ploch zatěžuje systémy HDV, určité zmírnění přináší plochý reliéf těchto areálů. Doporučená je retence vody s následnou infiltrací nebo regulovaným odtokem se zohledněním specifického znečištění. Podle typu provozu je možnost zavádění recyklace provozní vody a případného řízeného využití srážkových vod v provozech. U budov lze zvážit aplikaci fasádové zeleně, zelených nebo modrých střech v závislosti na statických poměrech střešních konstrukcí a nosných stěn a na jejich dalším plánovaném využití (ventilační systémy a fotovoltaika). Plánování a kontrola HDV jsou podporovány v souvislosti s environmentální politikou podniků a jejich systémy environmentálního managementu.

Typ 4: Plochy občanského vybavení – komerční

Zásadní pozornost při plánování HDV vyžadují plochy frekventovaných parkovišť a dalších nepropustných povrchů pro zajištění zásobování. Je třeba volit vhodný systém polopropustných povrchů, předčištění a zpracování odtékající vody. Možností může být odvodnění do retenčních či vsakovacích průlehů a rýh, tedy uplatnění liniových prvků. Řešení bývá limitováno nedostatkem prostoru pro plošné prvky povrchové retence nebo infiltrace, což lze ovlivnit regulačními podmínkami nebo efektivní motivací investora v plánovacím procesu. Většinou se jedná o polosoukromé prostory, tedy navštěvované veřejností, ale v soukromých rukou. U prvků HDV je proto důležitý také jejich vliv na pobytové funkce – ovlivnění klimatu a estetiky, což by mělo být v souladu s marketingovými záměry provozovatelů.

Typ 5: Plochy rekreace – parkové

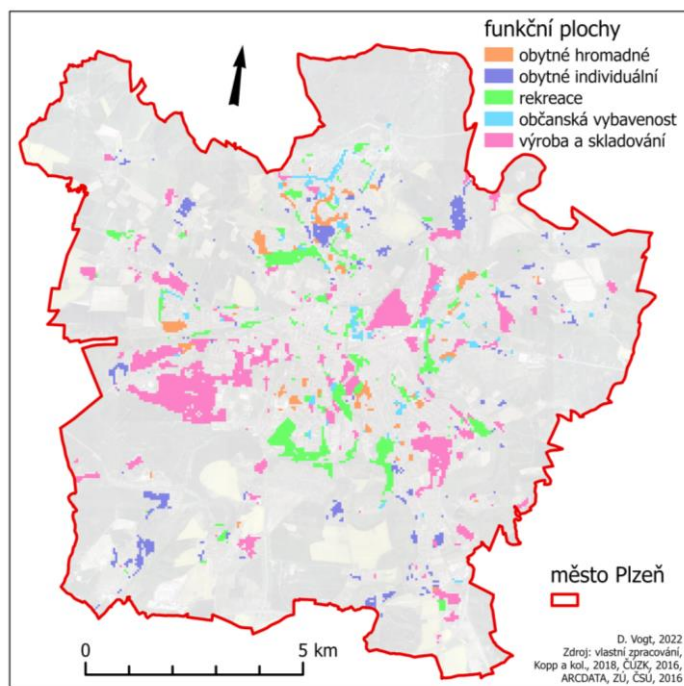
Návrh koncepce HDV by měl podporovat území jako ohnisko městské biodiverzity a jeho ekosystémové služby (estetické, hygienické, termoregulační) posilující rekreační význam. Srážkové vody jsou zadržovány nejen přirozenou intercepcí a plošným vsakováním, ale též v navrhovaných povrchových retencích většího rozsahu. Areály městské zeleně mají zásadní význam pro zmírnění vlivů tepelného ostrova, přitom mohou evapotranspirační potenciál podpořit návrhy vodních ploch a umělých mokřadů. Na rozlehlých plochách lze při návrhu vycházet ze zásad vodního režimu neurbanizované krajiny. Typická je mozaika stromů, keřů, trávníků a záhonů doplněná případně o vodní, hrací a estetické prvky zvyšující atraktivitu pro pobyt, ale také pozitivně působící na zmírnění pocitové teploty

návštěvníků. Za vhodných podmínek lze část ploch potenciálně využít jako místa retence nebo vsakování dešťové vody odváděné ze sousedních ploch.

4.2 Hodnocení využití ploch na modelovém území Plzně

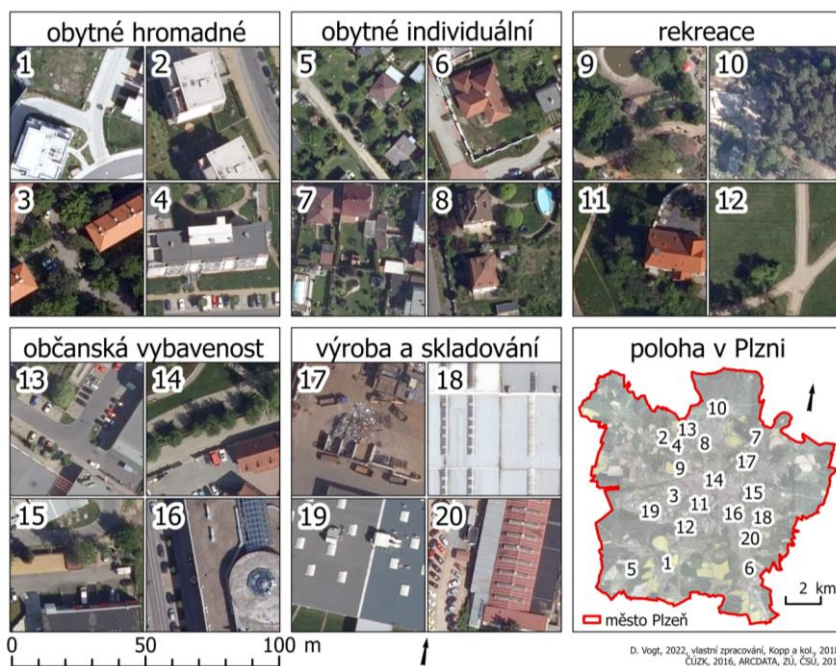
Pro analytické zpracování statistických dat o struktuře pokryvu ploch jednotlivých typů zástavby bylo využito geodat z projektu ekohydrologického hodnocení městské krajiny města Plzně (Kopp a kol., 2017). Geodata zahrnují, kromě funkční typologie území, také potřebné rozlišení struktury ploch pro celé území katastru města, což umožnilo zpracování reprezentativního statistického vzorku dat. Identifikace a určení vlastností elementárních ploch s rozlišením 1 až 0,5 m bylo pro původní potřeby tvorby ekohydrologických map provedeno na základě podkladových geodat (ortofoto, RÚIAN, pasport zeleně, technická mapa, DMR 5G, DMP 1G, DIBAVOD a další) a výběrově ověřováno v terénu (Kopp a kol., 2017). Podrobné rozlišení typů povrchu umožňuje přesnější vyjádření ekohydrologických vlastností území z hlediska odtoku či evapotranspirace (celkového výparu) nebo výpočet referenčních hodnot pro regulativy – např. stanovení koeficientu zeleně nebo koeficientu modro-zelené infrastruktury.

Pro analýzu struktury typů povrchu byly jako základní jednotky statistického souboru voleny čtverce rastru o ploše 50 x 50 m (Obr. 4.2, Obr. 4.3). Ve vodohospodářské praxi se pro modelové výpočty odtokového koeficientu většinou používá vzorků zástavby o ploše 1 ha (100 x 100 m). Jemnější rastr jsme volili, abychom lépe zajistili pokrytí jednotlivých pěti typů zástavby s omezenými přesahy do jiného typu území. Volba rastrové reprezentace pro analýzu povrchu území obecně zahrnuje nejen pozemky daného funkčního využití, ale i příslušné části navazující sítě komunikací či jiných kontaktních ploch (Obr. 3). To lépe vystihuje podmínky pro HDV v celém rozvojovém území, ale zároveň se tímto způsobem odlišují získané výsledky od struktury ploch zástavby definované pouze pozemkem daného typu bez obslužných komunikací apod. (Kopp et al., 2021c; Derkezen et al., 2015). Volba ploch rastru příslušného typu pro statistickou analýzu směřovala do území, kde v Plzni vznikala zástavba v novějším období. Z tohoto důvodu nebyly například pro typologii ploch hromadného bydlení až na výjimky vybírány plochy modernistických sídlišť, tedy obytných souborů z druhé poloviny 20. století s vícepodlažními objekty realizovanými jednotnou průmyslovou technologií (panelové) výstavby (Zarecor, 2015). Nejméně vhodných vzorků rastru ($n = 378$) poskytl typ občanské vybavenosti, který jsme specifikovali jako podtyp komerční (typicky střediska nákupů a služeb). Další typy občanské vybavenosti je třeba ve specifikaci ploch odlišit, pro statistické ověření by byl ovšem k dispozici ještě menší počet vzorků. Také s ohledem na řešenou problematiku rozvojových ploch jsme se z ploch rekreace soustředili jen na parky a parková náměstí (nikoliv na plochy individuální rekreace). Největší počet vzorků poskytl typ ploch výroby a skladování ($n = 2\,664$).



Obr. 4.2 Výběr rastrové reprezentace typů funkčních ploch na modelovém území města Plzně

Zdroj: vlastní zpracování Kopp a kol. 2022b, typologie ploch podle Kopp a kol., 2017



Obr. 4.3 Příklady rastrové reprezentace typů funkčních ploch

Zdroj: vlastní zpracování Kopp a kol. 2022b, typologie ploch podle Kopp a kol., 2017

Základním výstupem geostatistické analýzy provedené s využitím programu ArcGIS Pro 2.9.2. je porovnání struktury ploch mezi jednotlivými typy území. Jako velmi důležitý ukazatel možného

přístupu městské správy k rozvoji území jsme, kromě struktury ploch, sledovali také zastoupení pozemků ve vlastnictví města podle listu vlastnictví (obojí k roku 2016).

V dalším kroku byly na základě průměrných hodnot struktury pokryvu ploch pro jednotlivé typy území počítány modelové hodnoty vybraných environmentálních parametrů ve vztahu k HDV. Jako základ pro srovnání potenciálu pro HDV byly na základě průměrného zastoupení ploch provedeny výpočty koeficient odtoku se zohledněním tří kategorií sklonu podle normy ČSN 75 6101.

Ve světě používané koeficienty vázané k zelené infrastruktuře (např. Biotope Area Factor, Green Space Factor) (Becker et al., 1990; Kazmierczak & Carter, 2010; Szulczewska et al., 2014; Peroni et al., 2020) jsou rozšiřovány v důsledku zájmu o propojení modré a zelené infrastruktury o parametry zohledňující hospodaření s vodou (Helsinki Green Factor) (City of Helsinki Environment Centre, 2016; Juhola, 2018). S ohledem na potřeby aplikace v české praxi byly pro srovnání environmentálních parametrů zvoleny tři ukazatele: (1) podíl veškerých ploch zeleně na celkové ploše území jako prostý koeficient zeleně bez rozlišení kvalitativních charakteristik, (2) index modro-zelené infrastruktury zohledňující podrobněji kategorie zeleně a jejich přínos pro HDV (Pěstuj prostor, 2018) a (3) teoreticky odvozený index evapotranspirace (ET) (Kopp a kol., 2017). Celkový výpar neboli evapotranspirace je spolu s retencí klíčovým procesem, kterým vegetace ovlivňuje fungování modro-zelené infrastruktury jako nástroje adaptace na klimatickou změnu. Hodnota koeficientu ET vyjadřuje relativní vztah k tzv. referenční evapotranspiraci podle metodiky FAO, vycházející z potenciální evapotranspirace normovaného travního porostu (Allen et al., 1998). Specifikace klimatických podmínek podle testované struktury jednotlivých typů rozvojových ploch zahrnuje také srovnání a kategorizaci podle systému světové klasifikace lokálních klimatických zón (Stewart et al., 2014), která je již aplikována i na některá česká města, včetně Plzně (Geletič & Lehnert, 2017; Kopp et al., 2021c).

Na základě výsledků statistické analýzy byly zpřesněny navržené obecné charakteristiky jednotlivých typů rozvojových území jak na úrovni typických environmentálních parametrů, tak v rovině specifikace a doporučení při řešení HDV na rozvojových plochách. Inspiraci pro typologické přístupy k řešení rozvoje HDV poskytly zahraniční zdroje, například metodiky adaptace na klimatické změny nebo rozvoje modro-zelené infrastruktury (Woods-Ballard et al., 2015; Faltermaier et al., 2016; Simperler et al., 2018; WEF, 2014; Slaney, 2017; Iwaszuk et al., 2019). Vlastní potenciál jednotlivých typů rozvojových ploch z hlediska HDV tak částečně vychází ze zahraničních manuálů, ale je adaptován na národní podmínky z hlediska environmentálních charakteristik území a praxe HDV podle domácí legislativy.

Rozbor statistických výsledků využití ploch území města Plzně (Obr. 4.4, Tab. 4.2) potvrdil očekávané rozdíly mezi jednotlivými typy území v poměru mezi zastavěnými a nepropustnými plochami na jedné straně a podílem zeleně na druhé straně. Nepříznivé množství nepropustných ploch a střech budov s nutností řešit přímý odtok dešťové vody vykazují zejména plochy výroby a skladování a plochy občanské vybavenosti komerčního typu. Naopak vysoký podíl zeleně, a tedy potenciál infiltrace a výparu ukazují obecně nejen rekreační parkové plochy, ale též plochy zástavby individuálního bydlení a částečně také hromadného bydlení. U obou typů bydlení je variabilita podílu zeleně závislá na velikosti pozemků, resp. hustotě zástavby. Významnější podíl vodních ploch najdeme jen v rekreačním území parkového typu, ať už v podobě rekreačních vodních ploch nebo vodních toků v kontaktu s poříčními parky. Statistiky zároveň dokládají velkou variabilitu struktury povrchů, což souvisí nejen s rozptylem fyzického stavu uvnitř typů zástavby, ale také s relativně malou plochou jednotkového čtverce rastru (Obr. 4.3). Podrobněji ukazují rozptýl podílů klíčových kategorií struktury povrchu

(zastavěných ploch, nepropustných ploch, zeleně) krabicové grafy srovnávající jednotlivý typy území (Obr. 4.5).

Rozdíly ve struktuře povrchu se promítají do charakteristik ovlivňujících potenciál HDV jednotlivých typů rozvojových ploch (Tab. 4.3). Hodnoty koeficientu odtoku jsou pro ilustraci diferencované podle normativních kategorií sklonu povrchu (Obr. 4.6). V praxi při výpočtu podle skutečného sklonu jednotlivých ploch se zde ovšem příznivě odráží skutečnost, že plochy výroby a skladování nebo plochy občanské vybavenosti vznikají na plochém území snižujícím potenciál přímého odtoku (Kopp et al., 2021c), takže není zpravidla dosahováno vyšších hodnot teoreticky odvozených pro odtok ze sklonitého území.

Obdobné výsledky poskytuje srovnání environmentálních parametrů modelově vypočítaných z průměrných hodnot zastoupení pokryvu ploch v jednotlivých typech území (Obr. 4.7). Nad rámec prostého podílu zeleně je podrobnější struktura zeleně promítnuta do výpočtu indexu modro-zelené infrastruktury a indexu evapotranspirace. Hodnoty jednotlivých ukazatelů jsou relativně podobně závislé na typu území, rozdíly mezi ukazateli jsou způsobené spíše podrobností vzorců pro výpočty indexů. Při interpretaci hodnot je třeba vzít v úvahu, že výpočty vycházejí z průměrných hodnot struktury povrchu jednotlivých typů území. Variabilitu hodnot prostého podílu zeleně dokumentují příslušné krabicové grafy (Obr. 4.5).

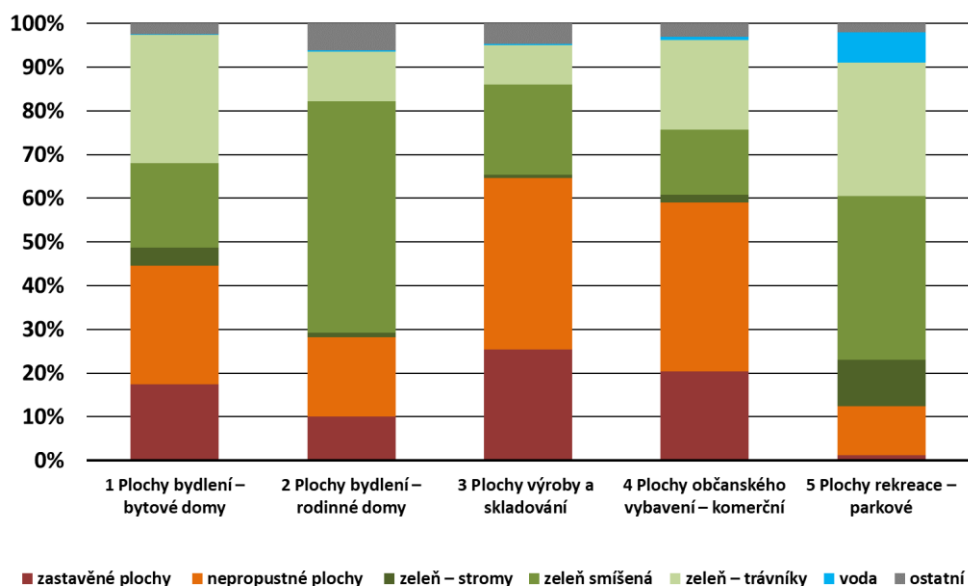
Pro plánování, realizaci a správu prvků HDV je stěžejní podíl pozemků ve vlastnictví města (případně jiné veřejné instituce), umožňující realizovat koordinovanou koncepci hospodaření s vodou v závislosti na přímé aktivitě města (politice, rozpočtu apod.). V tomto směru mají kromě rekreačních ploch velký potenciál také areály občanské vybavenosti (včetně komerčních) a areály bydlení hromadného typu. Majetková situace na jednotlivých rozvojových plochách může být samozřejmě odlišná, ale souhrnně je v těchto třech typech území relativně velký podíl veřejných komunikací a veřejných prostranství s potenciálem řešení HDV v režii městské správy (Obr. 4.7). Plochy výroby a skladování mají nepříznivé podmínky z hlediska nepropustných ploch, potenciálně též s rizikem znečištění odtoku. Vzhledem k soukromému vlastnictví ploch těchto areálů je třeba uplatnit vhodné regulační a motivační prvky s důrazem na ekonomické a marketingové nástroje. Řešením může být také nastavení smlouvy s developerem či provozovatelem areálu ve prospěch podmínek HDV. Jiné motivační a regulační prvky, například ve vazbě na osvětu (Sýkorová et al., 2021), poradenství nebo finanční zvýhodnění provozu, jsou vhodné pro výstavbu bydlení individuálního typu.

Tab. 4.2 Statistiky pokryvu ploch a vlastnictví města podle jednotlivých typů území Plzně

Typ území	Plochy bydlení – bytové domy			Plochy bydlení – rodinné domy			Plochy výroby a skladování			Plochy občanské vybavenosti – komerční			Plochy rekreace – parkové		
Počet vzorků rastru	n = 478			n = 798			n = 2 664			n = 378			n = 1 251		
Statistiky	MEAN	STD	MEDIAN	MEAN	STD	MEDIAN	MEAN	STD	MEDIAN	MEAN	STD	MEDIAN	MEAN	STD	MEDIAN
zastavěné plochy (%)	17,48	9,15	16,92	10,07	5,99	9,73	25,40	26,23	18,48	20,40	20,39	15,71	1,15	3,73	0,00
nepropustné plochy (%)	27,13	15,51	26,68	18,07	10,98	16,64	39,18	23,08	38,33	38,62	20,84	37,50	11,29	15,46	3,81
zeleně – stromy (%)	4,11	6,58	0,97	1,05	4,23	0,00	0,83	4,81	0,00	1,80	5,30	0,00	10,61	20,12	0,00
zeleně smíšená (%)	19,31	14,59	15,27	52,97	16,90	52,61	20,59	19,26	15,01	14,92	15,56	9,69	37,44	29,46	31,59
zeleně – trávníky (%)	29,32	15,15	29,15	11,43	10,11	8,80	9,05	12,20	4,11	20,52	16,25	17,59	30,57	23,66	26,66
voda (%)	0,11	1,37	0,00	0,20	1,68	0,00	0,31	2,32	0,00	0,72	4,38	0,00	6,95	18,04	0,00
ostatní (%)	2,54	3,25	1,45	6,22	5,26	5,14	4,64	6,89	2,23	3,03	5,58	1,13	1,99	4,41	0,36
vlastnictví města (%)	63,07	30,90	73,99	12,62	15,28	7,76	13,16	25,22	0,00	45,60	34,43	42,51	69,95	36,60	89,29

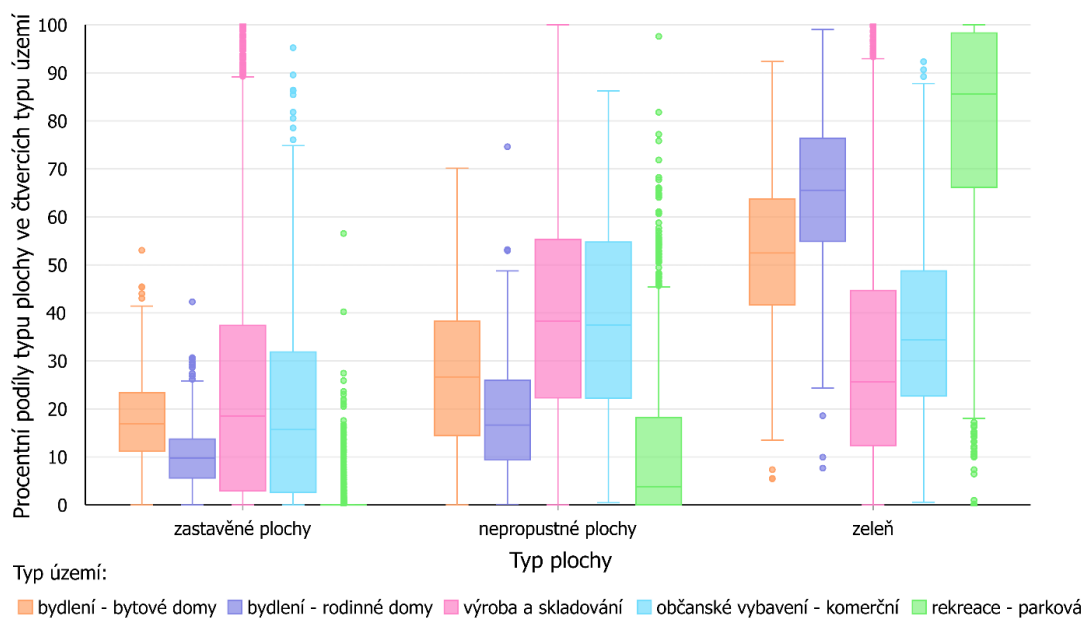
MEAN – průměrná hodnota, STD – směrodatná odchylka, MEDIAN – hodnota mediánu

Zdroj: vlastní zpracování Kopp a kol. 2022b, podkladová geodata pro analýzu Kopp et al., 2017

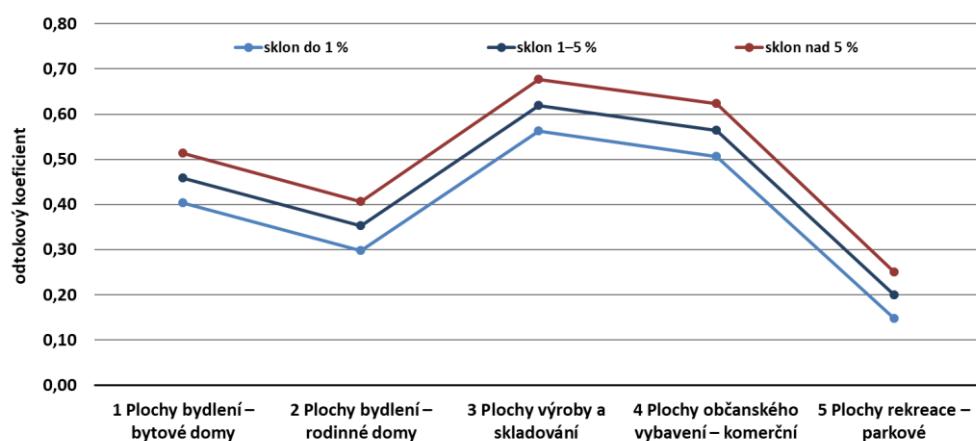


Obr. 4.4 Struktura pokryvu ploch podle jednotlivých typů území města Plzně

Zdroj: vlastní zpracování Kopp a kol. 2022b, podkladová geodata pro analýzu Kopp et al., 2017

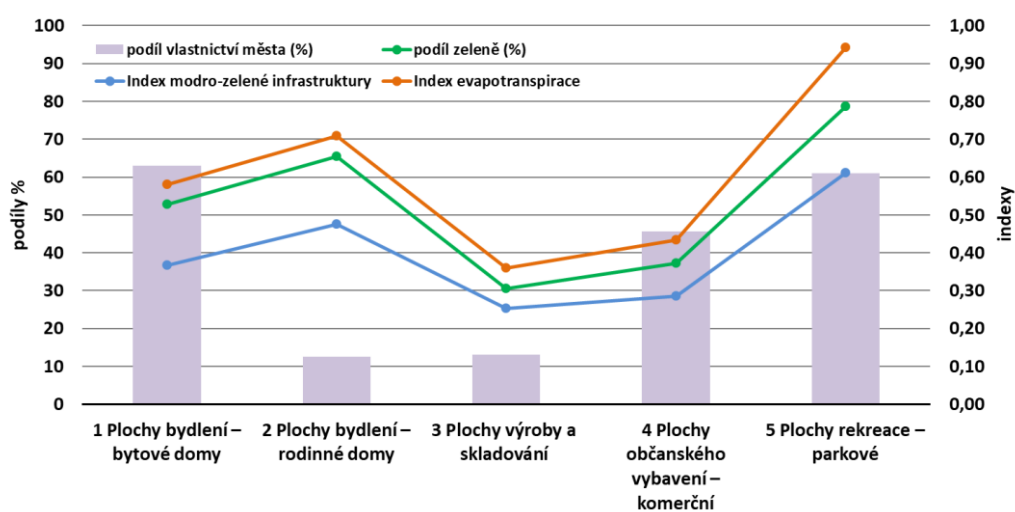


Obr. 4.5 Statistika variability vybraných kategorií pokryvu ploch v jednotlivých typech území. Krabicové grafy znázorňují uvnitř obdélníku medián, hranicemi obdélníku polohu prvního a třetího kvartilu (25% a 75% kvantilu). Antény odpovídají dolním a horním hodnotám 1,5 IQR (IQR je rozpětí mezi prvním a třetím kvantilem). Body ukazují odlehlé hodnoty. Zdroj: vlastní zpracování Kopp a kol. 2022b, podkladová geodata pro analýzu Kopp et al., 2017



Obr. 4.6 Průměrné hodnoty koeficientů odtoku dle kategorií sklonu (ČSN 75 6101) odvozené pro jednotlivé typy území města Plzně

Zdroj: vlastní zpracování Kopp a kol. 2022b, podkladová geodata pro analýzu Kopp et al., 2017



Obr. 4.7 Průměrné hodnoty environmentálních parametrů a průměrný podíl pozemků ve vlastnictví města odvozené pro jednotlivé typy území Plzně

Zdroj: vlastní zpracování Kopp a kol. 2022b, podkladová geodata pro analýzu Kopp et al., 2017

Tab. 4.3 Průměrné hodnoty environmentálních parametrů a průměrný podíl pozemků ve vlastnictví města odvozené pro jednotlivé typy území Plzně

Charakteristika / typ území		1 Plochy bydlení – bytové domy	2 Plochy bydlení – rodinné domy	3 Plochy výroby a skladování	4 Plochy občanského vybavení – komerční	5 Plochy rekreace – parkové
Koeficient odtoku	sklon do 1 %	0,404	0,298	0,563	0,506	0,147
	sklon 1–5 %	0,459	0,352	0,619	0,564	0,199
	sklon nad 5 %	0,513	0,406	0,676	0,623	0,250
Podíl zeleně (%)		52,74	65,45	30,47	37,24	78,62
Podíl vlastnictví města (%)		63,07	12,62	13,16	45,60	61,05
Index modro-zelené infrastruktury		0,367	0,476	0,253	0,285	0,610
Index evapotranspirace		0,581	0,708	0,360	0,434	0,942

Zdroj: vlastní zpracování, podkladová geodata pro analýzu Kopp et al., 2017

5 Návrh koeficientu modro-zelené infrastruktury

5.1 Plánování prvků modro-zelené infrastruktury

Městská zeleň tvoří v územním plánu protiváhu zastavěných ploch, které doplňuje o veřejná prostranství určená k rekreaci, aktivnímu pohybu, nabírání duševních sil a posílení kvality životního prostředí města. Základním koncepčním dokumentem pro ochranu a rozvoj urbanistické zeleně jsou generely zeleně s vymezením „jednoznačných ploch generelu zeleně“. Jedná se o plochy parkových a sadovnických úprav na veřejných prostranstvích, do kterých by nemělo být zasahováno zábořem ploch. Mimo veřejná prostranství najdeme také plochy stromů, keřů a bylinné vegetace na plochách určených pro sport, na hřbitovech, v sadech a zahradách domů nebo v zahrádkářských koloniích. Plánování měst se zabývá otázkami, jaké je vhodné množství zeleně pro jednotlivé typy zástavby nebo jak daleko jsou lidé ochotni pěšky dojít do nejbližšího parku. Územní plán hlavního města Prahy (Útvar rozvoje hl. m. Prahy, 2002) definuje koeficient zeleně, který stanovuje minimální podíl započitatelných ploch zeleně v území. Zápočet ploch zeleně v území vyplývá z podrobné kalkulace zeleně na rostlém terénu a ostatní zeleně mimo rostlý terén, například na budovách nebo na zpevněných plochách. V zahraničí se pro vyjádření ekosystémových služeb zeleně využívá například indexů Biotope Area Factor nebo Green Space Factor (Kopp et al., 2017). Pro podrobné plánování doporučeného množství zeleně lze využít webové aplikace s kalkulátory indexů.

Pokud není možné dostatek zeleně umístit na volná prostranství, je možné podpořit ekosystémové služby pomocí vegetačních prvků na sousedních budovách. Jedná se o vegetaci pokryté fasády, zeleně balkónů a teras či zelené střechy, tedy střechy pokryté substrátem s vegetací. Zelená střecha dokáže snížit odtok vody o 30 až 70 % podle mocnosti substrátu, typu vegetace a sklonu střechy. Používají se jak extenzivní typy zelených střech s menšími nároky na údržbu, většinou pokryté sukulентními rostlinami, tak střechy intenzivní, s větší vrstvou substrátu, porostlé vhodnými druhy bylin a potřebou pravidelné péče včetně zalévání. Vegetační pokryv zároveň chrání střechu před slunečním žářem a snižuje náklady na klimatizaci budov. Termoregulační účinek výparu z vegetačních prvků budov má vliv na přilehlé veřejné prostranství v případě, že ho ovlivňuje výměnou vzduchu. Pokud je zelená střecha na výrazně jiné výškové úrovni, než je povrch plochy veřejného prostranství, klimatické ovlivnění je zanedbatelné. Omezením pro instalaci zelených střech v historických centrech měst může být památková ochrana budov.

Na veřejných prostranstvích s převahou zeleně lze podpořit zadržení a vsakování vody pomocí systému prvků jako jsou umělé mokřady, poldry, průlehy, vsakovací rýhy či dešťové zahrádky (Vítek et al., 2015; Woods Ballard et al., 2015). Vsakování na prostranstvích s převahou umělých ploch umožňují vhodně volené povrchy – zatravněvací dlaždice, oblázkové cesty či pevné povrchy pro vodu částečně propustné, které se vytváří ze speciálních asfaltových nebo betonových směsí. Jejich propustnost je však omezována zanášením pórů nečistotami, proto dlouhodoběji slouží jen v případě pravidelné pečlivé údržby. Podmínkou pro realizaci vsakovacích systémů jsou vhodné hydrogeologické podmínky a bezpečnost vsakování s ohledem na podpovrchovou zónu městského území (Vítek et al., 2015).

5.3 Environmentální ukazatele ploch

Plánování rozvoje MZI vychází ze současného stavu a potenciálu území, pro které se dělá design ohledem na cílové požadavky environmentální kvality (Voskamp, van de Ven, 2015, Bacchin et al. 2016, Derkzen et al. 2015,). Klíčovým prvkem v tomto procesu tedy jsou environmentální ukazatele

ploch (Antoszewski, et al. 2020, Mattanovich, et al. 2018,). Environmentální ukazatele ploch umožňují kvantifikovat, jak stav, tak cílové limitní požadavky rozvojové plochy. Přitom je samozřejmě nutné rozlišovat, zda se jedná o plánování nové výstavby „na zelené louce“ nebo doplnění a vylepšení současného stavu ve prospěch inovací v oblasti MZI (Szulczewska et al., 2014, Mattanovich, et al. 2018).

Základním příkladem environmentálního ukazatele v oblasti MZI je maximální specifický odtok, který limituje zátěž následných odvodňovacích systémů. Česká technická norma například doporučuje $3 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$, ale požadavky jednotlivých měst jsou v praxi obvykle mírnější (Vítek et al. 2015). Tabelární srovnání funkčních typů území umožňuje v praxi používaný koeficient odtoku, udávající podíl přímého, povrchového odtoku na hodnotě celkového množství srážek (Baiamonte, 2020). Stanovení odtokového koeficientu dále umožňuje počítat objem odtékající srážkové vody a na základě toho navrhovat kapacitu opatření modro-zelené infrastruktury, například retenčních nádrží, objektů umožňujících infiltraci nebo bezpečností prvky nouzového odtoku (Woods-Ballard, et al. 2015).

Další indikátory kvality ploch jsou koeficienty vázané k zeleni, resp. zelené infrastruktuře. Příkladem jsou Biotope Area Factor (Becker et al., 1990, Peroni et al., 2020) nebo Green Space Factor (McCulloch & Robertson, 2015, Kruuse, 2011) a další obdobné ukazatele (Szulczewska et al., 2014; Keeley 2011, Mattanovich et al. 2018). Biotope Area Factor (BAF) se používá jako referenční index pro hodnocení zelené infrastruktury urbanizovaného území. Nástroj byl vyvinut již v roce 1997 v Berlíně a později vzniklo několik jeho dalších modifikací (Becker et al., 1990, Peroni et al., 2020). Kategorizace ploch nesouvisí jen s vegetačním krytem na povrchu, ale také s vazbou na přírodní půdní kryt nebo umělé souvrství. BAF lze proto použít na hodnocení ploch metodami dálkového průzkumu jen orientačně (Kopp et al., 2017). Parametry BAF vystihují míru ekosystémových služeb zeleně (Keeley, 2011).

Tab. 5.1 Standardy koeficientu zeleně a koeficientu odtoku – srovnání veřejných ploch a vybraných typů zástavby

Typy funkčního využití území	Koeficient zeleně	Koeficient odtoku
Veřejné plochy s převahou zeleně	0,90	0,15
Veřejné plochy s převahou nepropustných ploch	0,20	0,80
Kompaktní městská zástavba	0,15	0,80
Rozvolněná městská zástavba	0,45	0,50
Zástavba rodinných domů	0,40	0,35
Rozvolněná zástavba rodinných domů	0,75	0,30

Zdroje: Útvar rozvoje hl. m. Prahy 2002, Kopp a kol. 2017, Woods Ballard a kol. 2015

V české plánovací praxi se někdy používá Koeficient zeleně, například byl již dříve zaveden v metodice pro potřeby hlavního města Prahy (Útvar rozvoje hl. m. Prahy, 2002). Koeficient zeleně stanovuje minimální podíl započitatelných ploch zeleně v území, v praxi je hodnota závislá též na počtu podlaží budov. Zápočet ploch zeleně v území vyplývá z podrobné kalkulace zeleně na rostlém terénu a ostatní zeleně mimo rostlý terén, na budovách apod. Pro hodnocení je tedy třeba detailní průzkum situace nebo podrobný projekt rozvoje.

Synergické působení „zelené infrastruktury“ a „modré infrastruktury“ je možné ilustrovat na závislosti mezi doporučenými parametry pro funkční typy území měst (Tab. 5.1). Míra rozlohy zelených ploch je faktorem, který přímo ovlivňuje retenci vody, jejíž míru vyjadřují standardizované hodnoty odtokových koeficientů. Retenční schopnost území je ovšem na výšce a hustotě pokryvu vegetací závislá jen zčásti, do úvahy je třeba vzít také sklonitost, hydrologické vlastnosti podpovrchové zóny nebo míru zálivky městské zeleně. Jinými slovy, vztah mezi zelení a odtokem je významný, ale nikoliv jediný faktor určující odtokový proces v městské krajině (Kopp et al., 2017).

V domácí praxi je však použití environmentálních parametrů v městském plánování zatím méně prosazované. Jedním z argumentů proti použití environmentálních parametrů je jejich normativní charakter, který omezuje ekonomickou optimalizaci řešení. V každém případě je doporučeno používat environmentální parametry diferencovaně podle typu zástavby. V praxi je možné doporučené hodnoty zpřesňovat podle specifických podmínek města, například sklonitosti území, místních podmínek zástavby podle územních plánů atd. Použití dalších environmentálních parametrů (Tab. 5.2) je diskutováno v následujícím přehledu.

Tab. 5.2 Přehled environmentálních parametrů

Parametry	Doporučené použití	Zdroje
Maximální specifický odtok	městské standardy, stavební předpisy	TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami
Koeficient zeleně	městské stavební předpisy, regulační studie	Útvar rozvoje hl. m. Prahy, 2002
Koeficient evapotranspirace	doplňková parametrizace termoregulační funkce zeleně, posouzení variant řešení	Allen a kol., 1998; Bandaragoda a kol., 2003; Kopp a kol., 2017
Biotope Area Factor	městské standardy zelené infrastruktury, posouzení variant řešení	Becker a kol., 1990; Peroni a kol., 2020; Kučera a kol., 2023
Helsinki Green Factor	podrobná parametrizace modro-zelené infrastruktury včetně prvků HDV	City of Helsinki Environment Centre, 2016; Juhola, 2018
Koeficient modro-zelené infrastruktury	městské standardy modro-zelené infrastruktury, posouzení variant řešení	odvozen autory na základě Helsinki Green Factor

Zdroj: vlastní zpracování s odkazy na zdroje parametrů, 2023

Koeficienty zelené infrastruktury jsou v posledních letech rozšiřovány dle nárůstu významu propojení modré a zelené infrastruktury o parametry zohledňující hospodaření s vodou. Příkladem je Helsinki Green Factor (City of Helsinki Environment Centre, 2016; Juhola, 2018). Helsinki Green Factor je komplexní ukazatel, který tvoří individuální skóre a expertní skóre. Individuální skóre zahrnuje kromě kategorií ekologie, funkčnost, městská krajina a údržba také kategorii srážková voda (zachycení a čištění srážkové vody).

V české praxi by bylo užitečné definovat a používat podobně komplexní ukazatel modro-zelené infrastruktury v sídlech. V rámci projektu jsme proto testovali Helsinki Green Factor, který je již publikován v mezinárodním prostředí (Juhola, 2018). Následně jsme přistoupili k vytvoření vlastního koeficientu modro-zelené infrastruktury, který by byl využitelný pro potřeby našich měst na úrovni podrobnosti územních studií.

5.4 Testování ukazatele Helsinki Green Factor

Mapování a hodnocení environmentální kvality ploch bylo zpracováno pro území kampusu Západočeské univerzity v Plzni s cílem zjistit možnosti rozvoje modro-zelené infrastruktury jako součásti plánované revitalizace kampusu (Žák, 2021).

Kampus Západočeské univerzity leží na periférii kompaktní zástavby města, v příměstské části s názvem Borská pole. V době položení základního kamene univerzitního kampusu, v roce 1985, nebyla na daném území téměř žádná zástavba. Využití půdy odpovídalo příměstské poloze, rozkládala se zde rozsáhlá pole a místní letiště. V současné době využívá kampus pět fakult, je zde správní budova univerzity, moderní budova knihovny, kapacitní sportovní zázemí a stravovací zařízení.

Zájmové území pro mapování o celkové rozloze 265 951 m² zahrnuje nejen pozemky univerzity, ale na severu bylo vymezení rozšířeno o rozvojové plochy ohraničené tramvajovou tratí (Žák, 2021). Centrem kampusu je univerzitní park. Prostor před tělocvičnou nabízí sportovní vyžití, navazuje fotbalové a workoutové hřiště. Jižní část zájmového území zaujímají rozsáhlá parkoviště. Na okrajích zájmového území jsou dosud nevyužité plochy porostlé extenzivní vegetací, jejichž další využití je součástí aktuálních plánů rozvoje kampusu.

Prvním krokem byla přesná inventarizace všech povrchů na území v kampusu v roce 2020. Podkladovým zdrojem pro tuto část práce byl Generel rozvoje ZČU ve formátu pro Autodesk AutoCAD se zákresy budov, parkovišť, chodníků, stromů aj. Pro analytickou práci byl generel konvertován do programu ArcGIS Desktop. Dalšími podklady bylo Ortofoto České republiky ve formě WMS služby a letecké snímky z geoportálů Mapy.cz a Google Earth. Hranice vygenerovaných polygonů byly upraveny dle aktuálního stavu na základě terénního mapování. Zároveň byly stanoveny přesné kategorie povrchů (např. typ zeleně, materiál střechy, propustnost povrchu chodníků apod.). Bodové prvky inventáře kampusu byly v terénu zaměřeny pomocí GPS. Na základě terénního výzkumu byl vytvořen přesný inventář zeleně včetně jednotlivých solitérních stromů.

Jako hlavní environmentální parametry byly použity (a) odtokový koeficient – vystihující hydrologické podmínky (Baiaomonte, 2020) a (b) Helsinki Green Factor – hodnotící úroveň modro-zelené infrastruktury (City of Helsinki Environment Centre, 2016). Bylo samozřejmě možné na základě podrobné inventarizace odvodit i další parametry, např. podíl ploch zeleně.

Parametry povrchů podle koeficientu odtoku vycházejí z české normy ČSN 75 6760 *Vnitřní kanalizace* (2014) (Tab. 5.3). Vzhledem k tomu, že některé typy povrchů nejsou v této normě uvedeny, bylo nutné tyto prvky doplnit ze studií provedených pro město Plzeň (Kopp et al., 2017). Hodnoty koeficientu odtoku závisí nejen na povrchu, ale i na jeho sklonu. Sklony povrchu jsou v české normě rozděleny tři kategorie na sklon do 1 %, v intervalu 1–5 % a nad 5 % (Kopp et al., 2021b). Pro výpočet sklonu na určitém povrchu bylo využito podrobných dat Digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G), který vznikl v letech 2009–2013 na základě skenování zemského povrchu. Výstupem je kategorizace povrchů kampusu podle odtokového koeficientu, jako základního ukazatele

potenciálního utváření povrchového odtoku srážkové vody v daném místě. Do výpočtu celkového potenciálu povrchového odtoku není uvažován vliv stromů, ani jejich schopnost intercepce srážek.

Tab. 5.3 Koeficienty odtoku srážkových vod

Druh odvodňované plochy, druh úpravy povrchu	Sklon povrchu		
	do 1 %	1–5 %	nad 5 %
	Součinitel odtoku srážkových vod C		
Střechy s propustnou horní vrstvou o tloušťce do 100 mm (vegetační střechy)	0,7	0,7	0,8
Střechy s propustnou horní vrstvou o tloušťce 100–250 mm (vegetační střechy)	0,4	0,4	0,5
Střechy s propustnou horní vrstvou o tloušťce nad 250 mm (vegetační střechy)	0,3	0,3	0,3
Střechy s vrstvou kačírku (šterku) na nepropustné vrstvě	0,9	0,9	0,9
Střechy s nepropustnou horní vrstvou	1	1	1
Střechy s nepropustnou horní vrstvou o ploše větší než 10 000 m ²	0,9	0,9	0,9
Asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,5	0,7
Upravené šterkové plochy	0,3	0,4	0,5
Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
Komunikace ze zatravnovacích nebo vsakovacích tvárnic	0,2	0,3	0,4
Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
Zatravněné plochy	0,05	0,1	0,15

Zdroj: upraveno autory dle ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace, 2014

Ukazatel Helsinki Green Factor (HGF) byl vybrán zejména pro komplexnost hodnocení MZI (Juhola, 2018). Helsinki Green Factor vznikl v letech 2012–2014 v rámci projektu Climate-Proof City – Tools for Planning. Cílem bylo vytvořit plánovací nástroje, které pomohou urbanistům rozvíjet klimaticky odolné město (City of Helsinki Environment Centre, 2014). Na stanovení faktoru HGF jednotlivých prvků se podílí takzvané „individuální skóre“ a „expertní skóre“. Individuální skóre, zahrnuje kategorie (a) *ekologie* (biodiverzita, zachycení a čištění srážkové vody), (b) *funkčnost* (přívětivé mikroklima), (c) rekreace, výchova k životnímu prostředí, (d) městská *krajina* (amenitní hodnota, výsadní krajinné prvky), (e) *údržba* a (f) *srážková voda*. Body jsou v metodice stanoveny na základě studií o ekologickém a sociálním dopadu jednotlivých prvků (City of Helsinki Environment Centre, 2014). Expertní skóre

vychází z průzkumu názorů odborníků z oborů územní plánování, krajinné architektury, rozvoje území a ochrany životního prostředí. Parametr ohodnocení typu povrchu nebo prvku MZI je stanoven jako vážený průměr individuálního skóre vynásobený expertním skórem. Hodnoty parametrů (pro mapované prvky) jsou uvedeny ve výsledkové tabulce (Tab. 5.4).

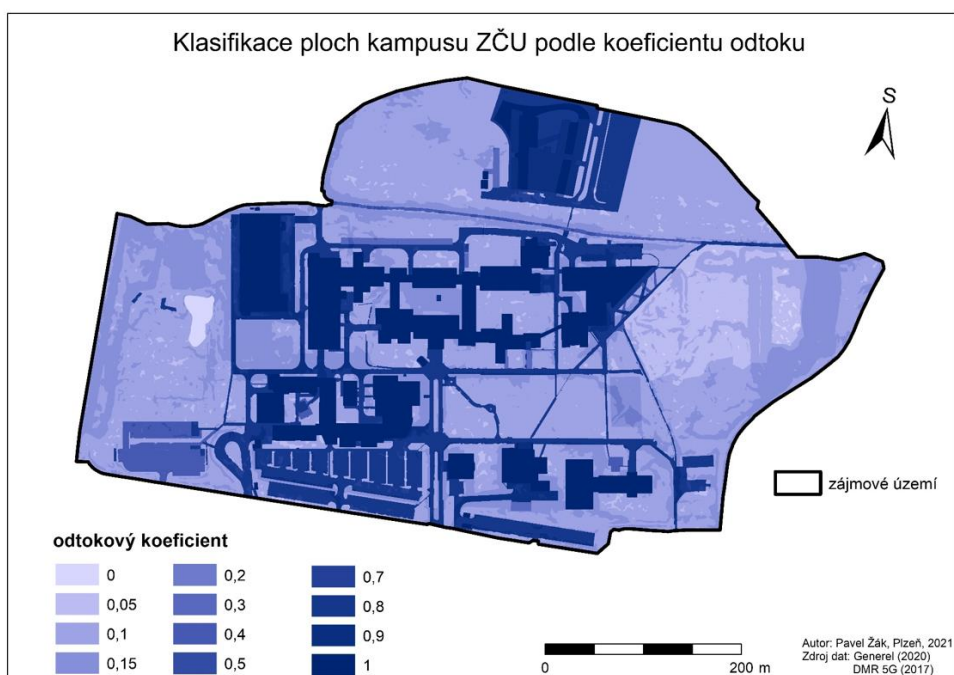
Pro výpočet celkového skóre byl použit excelovský kalkulátor, který je volně ke stažení na webových stránkách Iwater Project (City of Helsinki Environment Centre, 2016). Nástroj vyžaduje informace o plochách a počtu jednotlivých prvků, které byly zjištěny již v rámci inventarizace všech povrchů v kampusu. Aplikace umožňuje vypočítat celkovou hodnotu Helsinki Green Factor pro celé území a porovnat ji s doporučenou minimální úrovní daného funkčního typu území města (City of Helsinki Environment Centre, 2016). Také je možné vypočítat celkový odtokový koeficient a odvodit potenciální objem odtoku ze srážek. Tabulkové hodnoty koeficientu odtoku se však v aplikaci částečně liší od hodnot české normy, a proto nebyly do výpočtů a výsledků zahrnuty (Žák, 2021).

Rozložení podmínek odtoku srážkové vody v kampusu ZČU je značně rozdílné mezi jednotlivými plochami, které se liší nejen mírou propustnosti, ale také sklonitostí (Obr. 5.1). Analýza výškopisu přinesla informace o tom, kde se přirozeně akumuluje srážková voda. Jedná se o nejnižší místa ve východní části areálu, kde se voda zde může přirozeně vsakovat v rámci přírodě blízkých ploch. Celkový souhrnný koeficient odtoku areálu kampusu dosahuje hodnoty 0,364 (36,4 %). Nejvyšší koeficienty odtoku jsou vázány na šedou infrastrukturu, konkrétně na nepropustné povrchy střech, střechy s vrstvou šterku a asfaltové či betonové plochy. Nízké hodnoty jsou vázané na propustné povrchy, zejména pak na zatravněné plochy a plochy porostlé stromy a keři. Ty jsou v kampusu jak v centrální poloze, kde se nachází univerzitní park, tak především v rozvojových plochách na okraji. Právě rozvojové plochy výrazně snižují celkový koeficient odtoku pro celý kampus.

Z nepropustných ploch komunikací, parkovišť a střech budov s vysokým podíl odtoku je voda odváděna do městské kanalizace. Odvodnění areálu napomáhají odvodňovací žlaby a odvodňovací drenáž. Pro zpomalení odtoku jsou v zájmovém území částečně aplikovány zatravněvací tvárnice či ojediněle i zelená střecha. Podíl těchto opatření je ovšem velmi malý. V případě nově postavených budov je zátěž kanalizace při intenzivních srážkách omezována dočasnou akumulací vody v podzemních nádržích. Bohužel není instalováno zatím žádné zařízení na využití dočasně akumulované vody. Hodnocení ploch kampusu pomocí odtokového koeficientu umožňuje kalkulovat objemy odtékající vody, a tak navrhovat systémy, efektivně hospodařící se srážkovou vodou.

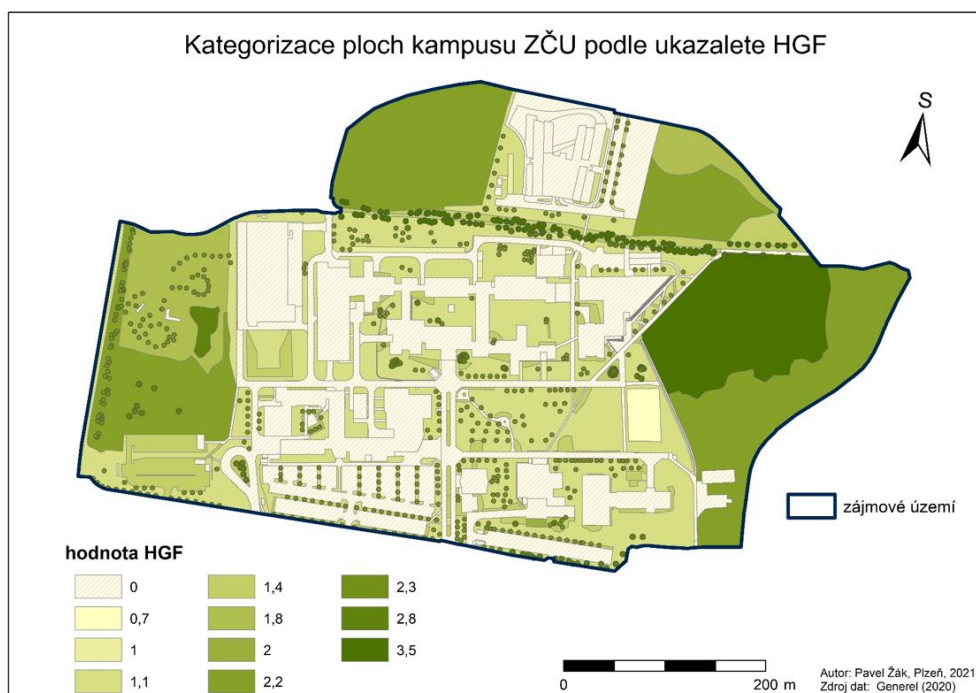
Podrobně byly plochy území kampusu hodnoceny podle kalkulace Helsinki Green Factor. Do kalkulace vstupují nejen jednotlivé typy povrchu, ale také jednotlivé prvky MZI (tab. X). Skóre zájmového území dosahuje hodnoty 1,35, významně tak přesahuje metodikou stanovené cílové skóre 0,8 pro areály služeb a úřadů (services and offices) (City of Helsinki Environment Centre, 2014). Pokud by došlo k výpočtu HGF pouze na pozemku v majetku univerzity, skóre by se snížilo na hodnotu 1,10. Vysokého skóre HGF je dosaženo díky značnému podílu zeleně v kampusu. Na vysoké kvalitě se podílejí stromy, které se nacházejí i v centrální části kampusu. Na celkové známce se výrazně podílí rozvojová území univerzity (Obr. 5.2). Právě v rozvojových lokalitách se nacházejí porosty stromů, keřů, vodní plochy či plochy extenzivní zeleně. Velmi důležitá je proto otázka dalšího rozvoje univerzitního areálu, kde výstavba a zpřístupnění zpevněnými komunikacemi snižují celkovou kvalitu MZI areálu. Při projektování nových rozvojových záměrů je proto třeba maximálně využívat principy modro-zelené infrastruktury. Další potenciální zlepšení může přinést přeměna stávajících nepropustných ploch na polopropustné povrchy (např. parkovišť), realizace zelených střech a nové prvky hospodaření s dešťovou vodou (např.

přírodě blízké retenční nádrže a mokřady). Hydrogeologické podmínky území neumožňují aplikovat prvky infiltrace srážkové vody.



Obr. 5.1 Klasifikace ploch kampusu ZČU podle koeficientu odtoku

Zdroj: Žák, 2021



Obr. 5.2 Hodnocení ploch kampusu ZČU podle Helsinki Green Factor

Zdroj: Žák, 2021

Tab. 5.4 Výpočet Helsinki Green Factor pro areál kampusu ZČU

Element group	Element description	Unit	Area or quantity	Weighting	Weighted area (m ²)
Preserved vegetation and soil	Preserved large (fully grown > 10 m) tree in good condition, at least 3 m (25 m ² each)	pcs	898	3,5	77842,3
	Preserved natural meadow or natural ground vegetation	m ²	58104	2,2	128232,3
Planted/new vegetation	Large tree species, fully grown > 10 m (25 m ² each)	pcs	83	2,8	5832,3
	Small tree species, fully grown ≤ 10 m (15 m ² each)	pcs	469	2,3	16119,4
	Other shrubs	m ²	11321	1,4	16053,8
	Meadow or dry meadow	m ²	15296	1,8	27092,0
	Lawn	m ²	68963	1,1	75979,0
Pavements	Semipermeable pavements	m ²	1108	1,0	1130,7
	Permeable pavements	m ²	5438	1,4	7754,8
	Impermeable surface	m ²	104637	-	-
Stormwater management solutions	Intensive green roof / roof garden, depth of substrate 20–100 cm	m ²	160	2,0	325,3
	Pond, wetland or water meadow with natural vegetation	m ²	924	2,8	2625,4
Bonus elements	Permeable surface designated for play or sports	m ²	1676	0,7	1192,4
Total weighted area					360179,7
Total area					265951
Green Factor					1,35

Zdroj: vlastní zpracování, data: Žák 2021

Při hodnocení úrovně je třeba opět vnímat velkou vnitřní diferenciaci podmínek uvnitř kampusu. Celkové hodnocení ovlivňují rozvojové plochy, které zatím pokrývá extenzivní vegetace. S využitím metodiky hodnocení Helsinki Green Factor lze dále modelovat rozvojové plány na využití těchto a porovnávat varianty z pohledu kvality MZI. Hodnocení ploch přitom nezohledňuje prostorovou strukturu MZI z pohledu funkčnosti a konektivity. Je proto třeba využít podrobné výsledky mapování také k efektivnímu návrhu zapojení kampusu do MZI příměstské krajiny. V tomto směru je důležitá vazba areálu v jižním směru na příměstské lesní komplexy. Současné plochy zeleně ve východní části kampusu dále plní významnou bariéru před negativními vlivy kapacitní silniční komunikace

v sousedství. MZI v areálu kampusu jinak tvoří důležitý hotspot biodiverzity i v rámci širší lokality, kde jinak převládají plochy výroby a skladování, případně občanské vybavení komerčního typu.

Provedené mapování území kampusu s využitím environmentálních parametrů ploch ukázalo jejich přínosy i nevýhody. Za přínosné považujeme možnost detailně vystihnout rozdíly mezi jednotlivými plochami, a tak efektivněji navrhovat jejich další správu či přeměnu v rámci rozvoje kampusu. Důležité je také použití standardizovaných ukazatelů (odtokový koeficient, Helsinki Green Factor), které umožňuje srovnání buď v rámci území města nebo s doporučovanými limitními hodnotami (City of Helsinki Environment Centre, 2014). Ve vazbě na konkrétní rozvojové území pak mohou být součástí regulačních podmínek (Útvar rozvoje hl. m. Prahy, 2002). Environmentální indexy mohou také plnit funkci podmínky pro ekonomickou podporu, být součástí ekolabelingu budov či areálů nebo sloužit k definování cílů strategie rozvoje území (Mattanovich et al., 2018). Při prezentaci celkové hodnoty pro větší území, jako je areál kampusu, je třeba výsledek vždy doplnit charakteristikami vnitřních rozdílů v kvalitě území. Celková hodnota je totiž významně závislá na vymezení území, jak v případě kampusu UWB ukázalo zařazení rozvojových ploch na okrajích areálu (Žák, 2021).

Použití environmentálních ukazatelů modro-zelené infrastruktury je limitováno použitím pro rozsáhlejší území celého města (Szulczewska et al., 2014; Peroni et al., 2020; Juhola, 2018). Volba podrobnosti ukazatele je nutným kompromisem mezi odbornou dokonalostí složitých konstrukcí indexů a možností získat dostatečně podrobné informace pro rozsáhlejší území (Mattanovich et al., 2018). Zejména zahrnutí prvků hospodaření s dešťovou vodou neumožňuje využívat pouze geodat z dálkového průzkumu Země (Derkzen et al., 2015; Sulzer, 2016). Environmentální ukazatele ploch jsou důležitým indikátorem kvality území, ale v použité metodice nejsou zohledněny prostorové vazby, např. konektivita systému MZI (Liu et al., 2022). Kromě mapování fyzického stavu městské krajiny je třeba věnovat pozornost také vnímání potřeb uživatelů území (Bacchin et al., 2016). Požadavky na plánování, které vyplývají z fyzického stavu území, se nemusí shodovat s požadavky obyvatel města (Lehnert et al., 2021a).

5.5 Návrhové hodnoty koeficientu modro-zelené infrastruktury

Na základě ukazatele Helsinki Green Factor (City of Helsinki Environment Centre, 2016; Juhola, 2018) jsme navrhli pro potřeby hodnocení rozvojových ploch v českých městech koeficient modro-zelené infrastruktury. Úprava použití indexu Helsinki Green Factor zohledňuje možnosti zadání struktury ploch ve fázi územní studie, využívá tedy praxi přiměřenou klasifikaci ploch (Tab. 5.5). Na rozdíl od Helsinki Green Factoru neumožňuje upravený koeficient modro-zelené infrastruktury (KMZI) detailní zadání jednotlivých stromů a dále neuplatňuje řadu bonusových položek vázaných na detailní prvky, jako je zastínění budovy stromem nebo prvky podporující městské zahradničení, biodiverzitu hmyzu nebo estetické podmínky.

Koeficient modro-zelené infrastruktury (KMZI) hodnotí statistiku ploch v území z hlediska ekosystémových funkcí zeleně (např. mikroklima, biodiverzita, pobytové prostředí) a funkcí přirozeného oběhu vody (retence, vsakování, výpar a čištění vody). KMZI zohledňuje i přidané prvky HDV, které pomáhají zlepšit úroveň modro-zelené infrastruktury. Tabelární hodnoty indikovaných úrovní KMZI (nedostatečná, základní, velmi dobrá, výborná) závisí na zvoleném funkčním typu území (Tab. 5.6). Hodnotící stupnice koeficientu modro-zelené infrastruktury pro jednotlivé funkční typy ploch byla nastavena na základě geostatistik modelového území Plzně (Kopp a kol., 2022b) a testování na pilotních lokalitách vybraných menších měst. Je třeba také doplnit, že vzhledem k úpravě klasifikace

hodnot KMZI, neodpovídají intervaly doporučeným hodnotám původní metodiky pro Helsinki Green Factor (City of Helsinki Environment Centre, 2016; Juhola, 2018).

Tab. 5.5 Hodnoty environmentálních parametrů ploch a prvků modro-zelené infrastruktury – koeficient modro-zelené infrastruktury a součinitel odtoku

Kategorie urbanizovaných ploch (P) a další prvky modro-zelené infrastruktury (MZI)		Koeficient MZI	Součinitel odtoku podle sklonu území		
		KMZI /m ²	méně než 1 %	1–5 %	více než 5 %
P	zastavěné plochy – střechy (bez retenční funkce)	0	0,95	0,95	0,95
P	komunikace – zpevněné	0	0,7	0,8	0,9
P	komunikace propustné (zatravnovací dlažba)	1	0,2	0,3	0,4
P	štěrkové plochy	1,4	0,3	0,4	0,5
P	komunikace nezpevněné	1,2	0,5	0,6	0,7
P/MZI	zeleň doplněná zpevněnými plochami	1,4	0,1	0,15	0,2
P/MZI	zeleň – travníky	1,1	0,05	0,1	0,15
P/MZI	zeleň – bylinné louky	1,8	0,05	0,1	0,15
P/MZI	zeleň – smíšená, zahrady, uliční zeleň	2	0,05	0,1	0,15
P/MZI	zeleň – zapojené stromy, les	2,2	0	0,05	0,1
P/MZI	vodní plochy	2	0	-	-
P/MZI	vodní toky	2	1	1	1
MZI	zelené střechy – extenzivní	1,5	0,5	0,6	0,7
MZI	zelené střechy – intenzivní	1,8	0,3	0,4	0,5
MZI	suchá (detenční) nádrž	2	0	-	-
MZI	povrchová retenční nádrž	2	0	-	-
MZI	dešťové zahrádky	2,8	0	0,05	0,1
MZI	bylinné záhony	1,6	0,05	0,1	0,15
MZI	výsadba stromů a keřů	1,4	0,05	0,1	0,15
MZI	podélné vsakovací prvky	1,4	0	0,05	0,1
MZI	systémy plošného vsakování	2,3	0	0,05	0,1
MZI	tůň/mokřad v urbanizované krajině	2,8	0	-	-

MZI	akumulace srážkových vod (povrchová, podpovrchová)	1,4 /m ³	bonus za objem (m ³) nádrže, tůň, vsakovací galerie nebo drénu
MZI	zelené fasády	0,9 /m ²	bonus za vertikální plochu (m ²)

Zdroj: součinitel odtoku použit podle ČSN 75 9010 (Vsakovací zařízení srážkových vod), ČSN 75 6101 (Stokové sítě a kanalizační přípojky), vlastní odvození koeficientu modro-zelené infrastruktury vysvětleno v textu, 2023

Tab. 5.6 Hodnotící úrovně koeficientu modro-zelené infrastruktury (KMZI)

Úroveň modro-zelené infrastruktury	1 Plochy bydlení v bytových domech	2 Plochy bydlení v rodinných domech	3 Plochy výroby a skladování	4 Plochy občanského vybavení – komerční	5 Plochy rekreace – parkové
nedostatečná	méně než 0,80	méně než 1,00	méně než 0,40	méně než 0,60	méně než 1,40
základní	0,80–1,10	1,00–1,30	0,40–0,70	0,60–0,90	1,40–1,70
velmi dobrá	1,10–1,40	1,30–1,60	0,70–1,00	0,90–1,20	1,70–2,00
výborná	více než 1,40	více než 1,60	více než 1,00	více než 1,20	více než 2,00

Zdroj: vlastní zpracování, 2023

6 Přehled možností prosazování HDV z pozice veřejné správy

Přehled nástrojů prosazování HDV vznikl při tvorbě Katalogu opatření efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území. Katalog vznikl na základě rozboru dosavadních poznatků domácí (Vítek et al., 2018; Sýkorová et al., 2021; Stránský et al., 2021; Dostal & Petrů, 2019) a zahraniční odborné literatury (např. WEF, 2014; Dhakal & Chevalier, 2017; Slaney, 2017; Liberalesso et al., 2020). Některé části katalogu byly odvozeny na základě zkušeností z modelových pilotních lokalit a konzultací se zástupci veřejné správy v rámci řešení projektu (Kopp et al., 2021a; Kopp et al., 2021b).

Přehled nástrojů je tříděn v první řadě podle obecných kategorií nástrojů ochrany životního prostředí uplatněných v územně plánovacím procesu (Turner et al., 2002; Vejchodská, 2009), též s využitím některých přehledů zahraničních studií (Liberalesso et al., 2020; WEF, 2014). Nástroje prosazování jsou v přehledu hodnoceny v rámci vybraných kritérií podle vhodnosti uplatnění na stupnici 0–2 (0 – nevhodný, 1 – částečně vhodný, 2 – vhodný). Vhodnost uplatnění byla posuzována na jednotlivých měřítkových úrovních plánování (nadnárodní, národní, městská/obecní, lokální), podle míry ovlivnění aktérů (veřejný investor, soukromý investor, vlastník nemovitosti, uživatel nemovitosti, správce nemovitosti) a podle příslušnosti k jednotlivým fázím procesu změny území (plánovací, realizační, provozní).

Tab. 6.1 Identifikace bariér a limitů zavádění systémů HDV na rozvojových plochách měst

Bariéry a limity	Identifikace bariéry četnost	Identifikace bariéry podíl (%)	Kvantifikace bariéry podle Likertovy škály
1a Nedostatek informací	50,0	8	-0,19
1b Nedostatečné plánování a vize	31,3	5	0,44
1c Nejistoty ohledně fungování HDV do budoucna	62,5	10	-0,38
1d Nedostatečná podpora veřejností	25,0	4	0,31
2a Nesoulady mezi úřady	62,5	10	-0,44
2b Stav legislativy	56,3	9	0,00
2c Administrativní zátěž	31,3	5	0,13
2d Nedostatek politické podpory	18,8	3	0,75
2e Nedostatek kvalifikovaných pracovníků	68,8	11	-0,81
3a Náklady na realizaci	56,3	9	-0,63
3b Vlastnické poměry	75,0	12	-1,31
3c Financování HDV	56,3	9	-0,69
4a Přírodní limity	37,5	6	0,25
4b Technické limity	31,3	5	0,19

Vysvětlivky: počet respondentů 16, kvantifikace podle Likertovy škály: určitě není problém +2, spíše není problém +1, neutrální postoj 0, spíše je problém -1, určitě je problém -2

Zdroj: vlastní výzkum

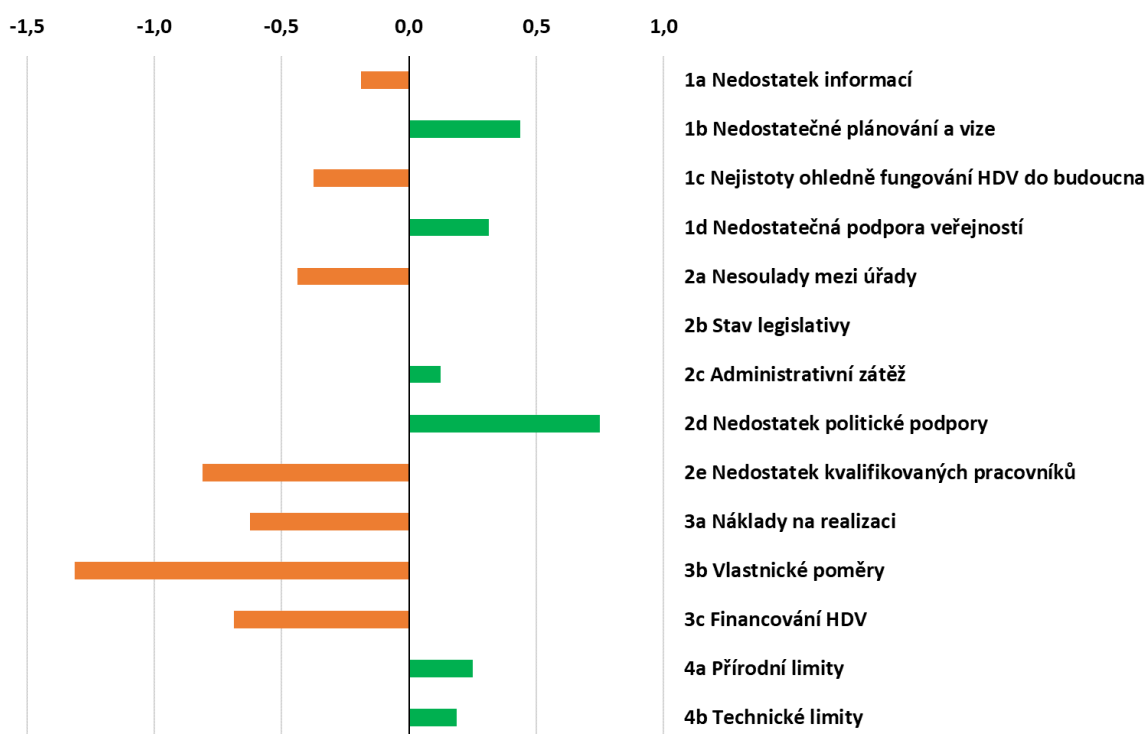
Na základě typických vlastností jednotlivých typů území byly stanoveny potenciální podmínky ovlivňující návrh systému HDV (Woods-Ballard et al., 2015; Faltermaier et al., 2016; Slaney, 2017;

Simperler et al., 2018; Sýkorová et al., 2021; Vítek et al., 2015; Kopp et al., 2017). V důsledku tak bylo možné ohodnotit vhodnost jednotlivých kategorií opatření a vybrat doporučené nástroje prosazování pro městskou správu pro určitý typ rozvojové plochy.

Důležitým podkladem pro sestavení komplexního přehledu nástrojů prosazování byly provedené strukturované rozhovory se zástupci praxe (Obr. 6.1, Tab. 6.1). Ve výběru dotazovaných osob (10 mužů, 6 žen) převažovali zástupci úřadů obecní správy – 7 osob z obcí různé velikosti a rozdílné odbornosti agendy: vodního hospodářství, správy zeleně, strategického plánování a rozvoje. Dále byli osloveni respondenti z pozice odboru životního prostředí krajského úřadu, správy povodí, provozu vodovodů a kanalizací, vědy a výzkumu, neziskových organizací environmentálního poradenství a praxe projektování.

Z výsledků strukturovaných rozhovorů vyplývá, že nejvýznamnější problémy zavádění HDV souvisejí s ekonomickými otázkami a vlastnickými poměry. Ekonomická otázka je zároveň spojena s potřebou výkupu pozemků v případě komplikovaných vlastnických poměrů v rozvojové lokalitě. Respondenti zmiňovali, že právě cena pozemků limituje prostorové možnosti realizace HDV při obecné snaze minimalizovat investiční náklady. Bylo též uváděno mezi problémy, že není v praxi akceptována koordinace inženýrských sítí např. do sdružených tras. Města se potýkají s nedostatkem vlastních pozemků, přičemž samo město nesmí investovat na cizím pozemku.

Většina oslovených pracovníků napříč pozicemi veřejné i soukromé či neziskové sféry řadí mezi významné problémy nedostatek odborníků na problematiku HDV. Rozhovory také potvrdily, že proces implementace HDV doprovází řada nejistot ohledně instalace a provozu nových technologických prvků. Zatím u nás existují jen časově omezené zkušenosti s fungováním prvků HDV (např. zelených střech či vsakovacích systémů) v delším časovém horizontu. Tato nedůvěra potom přináší komplikace při předávání systémů HDV realizovaných na veřejných prostranstvích do správy města. Respondenti, kteří se zabývají osvětou a propagací decentralizovaných systémů HDV nebo modro-zelené infrastruktury, pociťují ve společnosti stále značné mentální bariéry. Zmiňují, že klíčem k řešení je osvěta a výchova směrem k chápání souvislostí a odpovědnosti. Velkou roli v tom podle jejich názoru plní realizace systémů HDV, které buď ukazují příklady dobré praxe, nebo naopak mohou prohloubit nedůvěru v nové technologie HDV, pokud jsou realizace problematické nebo nejsou v souladu s deklarovanými plány.



Obr. 6.1 Identifikace bariér a limitů zavádění systémů HDV na rozvojových plochách měst podle Likertovy škály (určitě není problém +2, spíše není problém +1, neutrální postoj 0, spíše je problém -1, určitě je problém -2).

Zdroj: vlastní výzkum, n = 16

6.1 Přehled nástrojů prosazování HDV

Sestavený katalogový přehled poskytuje 18 položek typů nástrojů pro výběr veřejné správy (Tab. 6.2). Přehled typů nástrojů je rozdělený na kategorie nástrojů (1) normativní, (2) koncepční, (3) koordinační a organizační, (4) ekonomické a (5) dobrovolné a etické. V katalogu byly ke každému typu nástrojů zpracované katalogové listy, uvádějící bližší specifikace vybraných příkladů, výhody a omezení nástrojů. Katalog také uvádí odkazy na legislativu a na informace k příkladům z domácí nebo zahraniční praxe. Na základě hodnocení vhodnosti nástrojů podle vybraných kritérií umožňuje katalog výběr vhodných nástrojů v konkrétních podmínkách buď přímo vlastním využitím katalogu, nebo s pomocí vyvíjené softwarové aplikace.

Nejvíce zastoupené jsou nástroje kooperační a organizační, které s ohledem na zaměření pro veřejnou správu mají velké možnosti uplatnění v praxi. Pro veřejnou správu je důležité také uplatnění koncepčních přístupů ve formě oborových generelů tematicky spojených s HDV nebo zapracováním problematiky HDV do strategických plánů měst (Ježek et al., 2015). Ekonomické nástroje jsou zastoupeny čtyřmi skupinami nástrojů, ale jejich uplatnění v praxi je často vázáno na národní nebo nadnárodní úroveň.

Lze samozřejmě diskutovat o zařazení jednotlivých nástrojů do uvedených pěti kategorií. V některých případech je možné mluvit o smíšeném přístupu, resp. uplatnění nástrojů ve více kategoriích. Například

environmentální parametry ploch mohou sloužit jak normativním požadavkům na rozvoj území (Maier, 2012; Mattanovich et al., 2012; Szulczewska et al., 2014), ale také být součástí koncepčních a strategických cílů nebo kritériem pro certifikaci v rámci zeleného marketingu (Juhola 2018; Dostal & Petrů, 2019). Jiným příkladem je zařazení forem spolupráce s investory, která může být v rovině ekonomických kompenzací, zeleného marketingu nebo úpravy normativních požadavků (regulativů) rozvoje území.

Tab. 6.2 Přehled nástrojů prosazování HDV na rozvojových plochách

Kategorie	Skupina nástrojů	Příklady nástrojů
Normativní	01 Technické normy a právní předpisy	TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod, ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky, TP 83 Odvodnění pozemních komunikací, ČSN 75 6261 Dešťové nádrže
	02 Městské standardy	městské standardy HDV, manuál veřejných prostranství, standardy kanalizační sítě
	03 Územní plánování	územní plán, regulační plán, územní studie, krajinný plán
	04 Environmentální parametry ploch	maximální specifický odtok, koeficient zeleně, koeficient modro-zelené infrastruktury, Biotope Area Factor, Helsinki Green Factor
Koncepční	05 Oborové generely	generel odvodnění, koncepce odtokových poměrů, generel modro-zelené infrastruktury, plán odvádění extrémních srážek, generel veřejných prostranství
	06 Strategické plány	plán zavádění HDV, strategie adaptace na klimatickou změnu, klimatický plán
Kooperační a organizační	07 Pravidla pro investory	zásady pro spolupráci s investory, plánovací smlouvy
	08 Funkce koordinátora	městský koordinátor HDV, koordinátor modro-zelené infrastruktury, městský inženýr
	09 Participativní procesy	komunikace s veřejností, zapojování veřejnosti, pocitové mapování
	10 Řízení projektů	řízení nákladů a procesů na straně uživatele v kontextu dlouhodobé udržitelnosti, facility management, nefinanční reporting
	11 Spolupráce se soukromým sektorem	PPP projekty, smlouvy o údržbě
Ekonomické	12 Přímá veřejná podpora	granty, dotace – národní programy, Evropské strukturální a investiční fondy (ESIF), unijní programy, finanční mechanismy EHP a Norska

	13 Daňové úlevy	snížená sazba DPH, osvobození od daně z příjmů nebo od daně z nemovitých věcí
	14 Zelené bankovní produkty	kapitálové a dluhové nástroje, garance kapitálové investice, cenové garance, úvěrové záruky a rizikový kapitál, zelené dluhopisy
	15 Poplatky	poplatek za odvádění dešťových vod a jeho výjimky, snížení vodného nebo stočného
Dobrovolné a etické	16 Poradenství	konzultační střediska, odborné poradenství
	17 Environmentální osvěta	osvětové projekty, environmentální vzdělávání a výchova, příklady dobré praxe
	18 Zelený marketing a certifikace	certifikace budov, certifikace firem, marketing lokalit

Zdroj: vlastní zpracování na základě zdrojů citovaných v textu

2.2 Vhodnost nástrojů prosazování podle kritérií

Na základě ohodnocení vhodnosti jednotlivých typů nástrojů byla provedena sumarizovaná hodnocení pro hlavní kategorie (Tab. 6.3, Tab. 6.4). Hodnocení vzniklo na základě průměrné hodnoty vhodnosti pro danou vlastnost za dílčí typy každé kategorie na stupnici: 2 – vhodný (relevantní) nástroj, 1 – částečně vhodný (relevantní), 0 – nevhodný (není relevantní). To umožnilo orientačně porovnávat jednotlivé kategorie nástrojů z hlediska vhodnosti také v grafické podobě. Uvedený postup je částečně ovlivněn počtem typů nástrojů v jednotlivých kategoriích. U kategorií s větším počtem typů nástrojů je vyjádření „průměrné“ vhodnosti sice podloženo více případy, ale zkresleno vnitřní variabilitou vlastností nástrojů uvnitř kategorie.

Tab. 6.3 Vhodnost kategorií nástrojů podle úrovně zavádění a ovlivněného subjektu

Kategorie nástrojů	úroveň zavádění nástrojů				přímo ovlivněný subjekt				
	nad-národní	národní	městská/obecní	lokální	veřejný investor	soukromý investor	vlastník nemovitosti	uživatel nemovitosti	správce nemovitosti
Normativní	0,00	0,50	1,50	0,50	1,75	1,75	0,75	0,50	0,25
Koncepční	0,50	0,50	2,00	1,00	2,00	1,50	0,00	0,00	0,50
Kooperační a organizační	0,20	0,40	1,40	1,60	1,00	1,40	1,00	1,00	1,20
Ekonomické	0,75	2,00	1,00	0,00	1,00	1,50	1,50	0,25	0,00
Dobrovolné a etické	1,00	1,33	1,67	1,00	1,00	1,67	1,67	1,00	0,67

Zdroj: vlastní výzkum

Tab. 6.4 Vhodnost kategorií nástrojů podle fáze uplatnění a typu rozvojové plochy

Kategorie nástrojů	procesní fáze uplatnění			typy rozvojových ploch				
	plánovací	realizační	provozní	Plochy bydlení v bytových domech	Plochy bydlení v rodinných domech	Plochy výroby a skladování	Plochy občanského vybavení – komerční	Plochy rekreace – parkové
Normativní	2,00	0,50	0,25	1,75	1,25	1,50	1,75	1,00
Koncepční	2,00	0,00	0,50	1,50	1,50	1,00	2,00	2,00
Kooperační a organizační	1,40	1,20	1,20	1,80	0,80	0,80	1,80	1,00
Ekonomické	1,00	1,25	1,25	1,25	1,50	1,50	1,50	0,75
Dobrovolné a etické	1,67	0,67	1,33	1,33	1,67	1,33	1,33	1,00

Zdroj: vlastní výzkum

Výsledky ukazují diferenciaci kategorií nástrojů a také určité deficity portfolia nástrojů v některých oblastech. Kategorie nástrojů dobře pokrývají možnosti zavádění z pozice městské/obecní správy. Na národní úrovni jsou významné ekonomické nástroje, na městské a obecní úrovni jsou nejvýznamnější koncepční nástroje nebo podpora dobrovolných a etických nástrojů. Nástroje obecně nejvíce působí ve fázi plánování záměru. Ovlivnění tedy směřuje především na investory, částečně na vlastníky nemovitostí. Portfolio ve všech kategoriích nástrojů víceméně velmi dobře pokrývá vliv na soukromé investory. Lépe se proto také hledají nástroje pro investiční celky, jako jsou plochy občanského vybavení komerčního typu, případně bydlení v bytových domech. Uplatnění nástrojů v jednotlivých typech rozvojových území je odrazem podílu privátního sektoru na investici, výstavbě a provozu areálů.

6.2 Analýza využití přímé podpory

Následující analýza vychází ze zpracované studie Hejduková & Kureková (2022), která se zabývala přímou podporou aktivit přispívajících k efektivnímu HDV. K analýze přímé podpory byly vybrány programy MŽP jakožto jednoho z hlavních poskytovatelů přímé veřejné podpory. Role MŽP v podpoře HDV je v ČR velmi významná. Vedle tradičních programů přímé veřejné podpory v gesci MŽP byly analyzovány programy potažmo projekty Technologické agentury ČR (TA ČR), která je poskytovatelem účelové podpory na výzkum, vývoj a inovace v gesci MŽP. Do analýzy byly zahrnuty projekty, u nichž byla vyplacena první dotace v období mezi lety 2016–2021, přičemž byla sledována celková podpora na jednotlivá relevantní opatření v rámci vybraných programů přímé veřejné podpory. Do analýzy byly zahrnuty celkem tři programy MŽP: (i) Národní program životního prostředí a (ii) Program Dešťovka a (iii) Operační program Životní prostředí a dále pak zmíněné programy aplikovaného výzkumu, vývoje a inovací TA ČR.

U projektů či dotací je možné mj. sledovat celkovou výši dotace, prioritní oblast podpory, datum proplacení dotace, dále v jakém kraji byla dotace vyplacena a kdo byl příjemce dotace. Jako datové zdroje byly využity údaje o rozhodnutích o dotacích v národních programech, které zveřejňuje MŽP, dále údaje o rozhodnutích o dotacích v operačním programu, které zveřejňuje Ministerstvo pro místní rozvoj a dále byly zkoumány projekty výzkumu, vývoje a inovací, které jsou zveřejňovány v informačním systému výzkumu, vývoje a inovací (IS VaVal).

Na základě dostupných dat byla provedena analýza vyplacených dotací ve výše zmíněných schématech přímé veřejné podpory. V případě národních programů NPŽP a Dešťovka bylo možné přímo sledovat tematické navázání projektů přes dané aktivity. Postup výběru uvedených projektů a dotací v případě OP ŽP a TA ČR byl realizován s využitím klíčových slov: „dešťová“, „srážková“, „hospodaření“ a „management“. Pomocí těchto klíčových slov a jejich modifikací a logických vazeb byly identifikovány projekty OP ŽP a projekty výzkumu, vývoje a inovací (VaVal) podpořené TA ČR, jejichž tematické zaměření se týká oblasti hospodaření s dešťovou vodou.

Jak politika EU, tak národní strategie v oblasti životního prostředí, jednotně ukazují, že je třeba řešit dopady klimatických změn na životní prostředí, vytvořit kvalitní prostor pro život a dbát na udržitelnost lidských aktivit s ohledem na budoucí generace. Vedle evropských i národních programů i jiné finanční nástroje nabízejí zajímavé možnosti přímé podpory týkající se životního prostředí.

Ukazuje se, že v gesci MŽP je poměrně široké portfolio programů přímé veřejné podpory pro oblast HDV – NPŽP, Program Dešťovka a OP Životní prostředí. Objem podpory oblasti Vody je v národních programech i v operačním programu jedna z nejvyšších. Pro projekty na podporu HDV cílící na fyzické osoby byl zaveden speciální Program Dešťovka. Jako odrazující faktor čerpání podpory z tohoto programu může být pro žadatele časová prodleva. Pro obce je zase z pohledu HDV důležitý OP Životní prostředí. Ale při detailnějším rozboru projektů se ukázalo, že bylo podpořeno pouze 225 obcí, což je ale z pohledu počtu obcí v ČR poměrně malé množství. Obecně lze říci, že kraje Středočeský a Jihomoravský mají jednu z nevyšších čerpaných podpor v rámci Programu Dešťovka a OP Životní prostředí. Naopak Ústecký a Karlovarský kraj patří co do výše objemu k méně úspěšným krajům. Neméně důležitou přímou podporou je i podpora tzv. inovativní a demonstrační projekty a projektů VaVal.

S ohledem na provedenou analýzu a její hodnocení na úrovni programů MŽP však nelze opomenout skutečnost, že existují i další poskytovatelé přímých veřejných podpor ve zkoumané oblasti, a to například MZe. Zde by bylo poté možné vyhodnotit případné překryvy a nalézt případné synergie v oblasti podpory HDV.

Na základě provedené analýzy přímé podpory lze uvést příklady možných efektů přímých dotací v oblasti HDV:

- a) Úspora nákladů na vodu: podpora investic do infrastruktury pro sběr a využití dešťové vody pomáhá snížit náklady na užívání vody pro domácnosti, podniky či veřejné instituce (viz např. dotační titul Dešťovka).
- b) Zlepšení dostupnosti vody: podpora investic HDV v oblastech s omezeným přístupem k vodnímu zdroji, jako jsou suché regiony nebo oblasti s nedostatečnou vodní infrastrukturou, přispívá ke zlepšení dostupnosti vody pro místní obyvatele, zemědělce či další subjekty. Dále podpora investic do HDV přispívá ke snížení spotřeby pitné vody a tedy jejímu využití k zavlažování, mytí aut apod. (viz Programy MZe a MŽP).
- c) Udržitelné využívání vodních zdrojů: podpora implementace opatření zaměřených na akumulaci a využití dešťové vody pomáhá snižovat závislost na tradičních zdrojích vody, jako je například podzemní voda nebo zásobování z vodovodní sítě, a přispívá k udržitelnému hospodaření s vodou (viz Programy MZe a MŽP).

d) Ochrana životního prostředí: podpora investic do opatření v oblasti s HDV zmírňuje dopady sucha či snižuje riziko povodní, dále přímá podpora opatření HDV může přispět k ochraně přírodních ekosystémů např. mokřadů a vodních toků (viz programy MŽP).

e) Podpora výzkumu, vývoje a inovací: podpora výzkum, vývoj a inovace v oblasti HDV, včetně vývoje nových technologií, zařízení a postupů pro sběr, odklon a využití dešťové vody může přispět k rozvoji a uplatnění řešení v boji proti klimatickým změnám (viz Inovativní a demonstrační projekty a projekty výzkumu, vývoje a inovací v gesci TA ČR).

6.3 Využití přehledu nástrojů prosazování

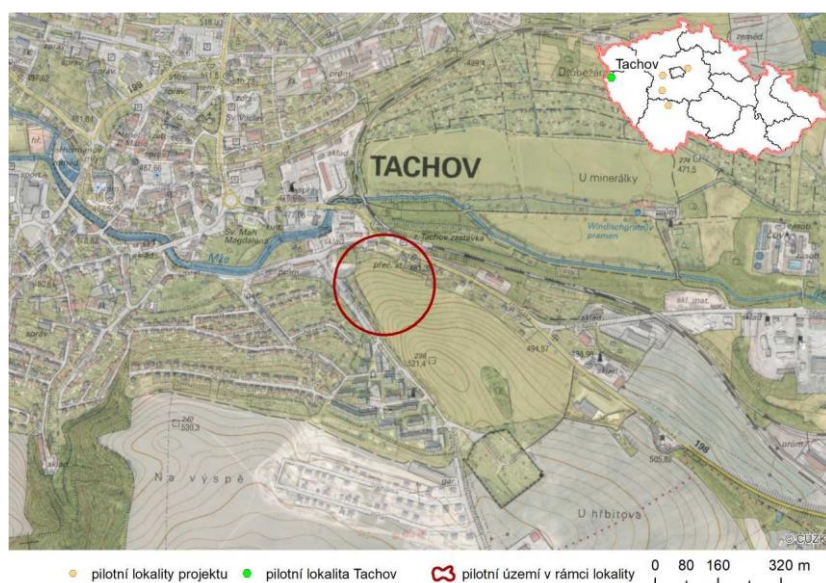
Prezentovaný přehled nástrojů a srovnání vhodnosti podle vybraných kritérií ukazují na potenciál dalšího rozvoje v oblasti prosazování HDV do tvorby nových rozvojových projektů. Obecné zlepšení možností prosazování záleží na dalším rozvoji nástrojů v České republice. Například v oblastech ekonomických nástrojů nebo koordinačních a organizačních nástrojů je možné využívat mnohé inspirace ze zahraničního prostředí. Nevyužitý zůstává také potenciál dobrovolných a etických nástrojů se zaměřením na zelený marketing v souvislosti s hospodařením se srážkovou vodou. Sestavený přehled nástrojů prosazování systému HDV na rozvojových plochách urbanizovaných území je součástí katalogu opatření, které může využívat veřejné správa. Pro efektivní výběr opatření byl katalog nástrojů s dalšími částmi (katalogem prvků systému HDV, katalogem typů rozvojových ploch) implementován do rozhodovacího software. Aplikace po zadání vlastních podmínek a preferencí uživatelů nabízí možnosti řešení – soubor prvků HDV podle vhodnosti a soubor nástrojů prosazování vhodných pro použití v daném případě.

7 Hodnocení rozvojových ploch z hlediska podmínek pro HDV na příkladech pilotních měst a obcí

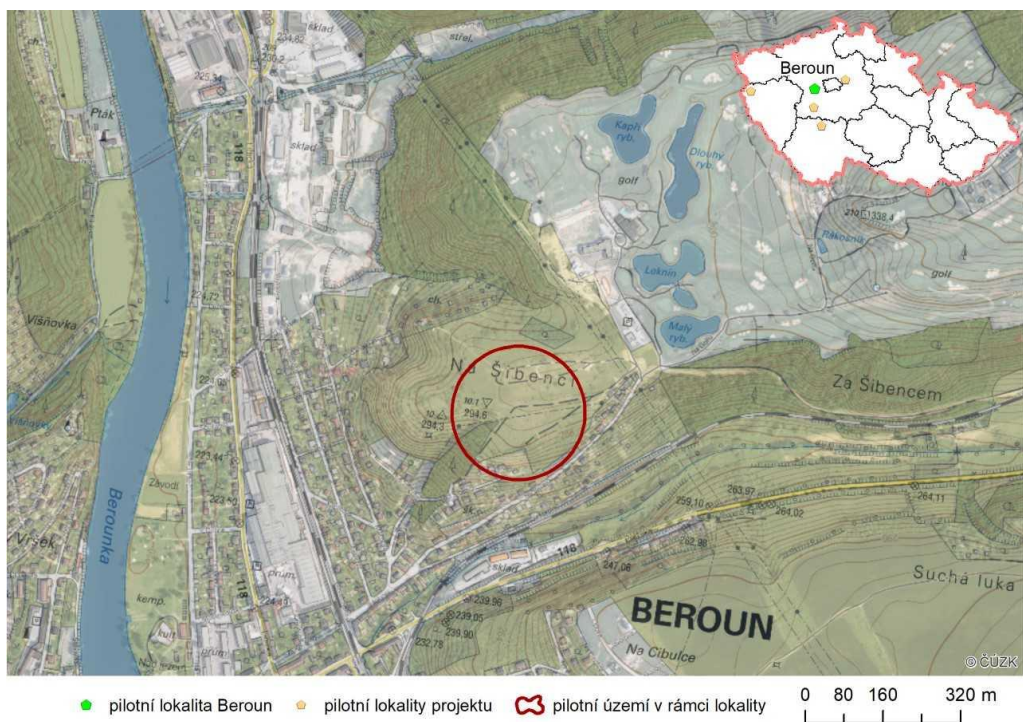
7.1 Výběr pilotních lokalit

Pro potřeby možného zobecnění získaných poznatků do celorepublikové úrovně byl proveden výběr vhodných municipalit, které by pokrývaly variabilitu podmínek pro definování vhodných opatření v problematice hospodaření se srážkovou vodou v podmínkách ČR (diferenciace klimatu a sklonitosti reliéfu, hydrogeologické charakteristiky, rozdílná míra a typologie rozvoje zástavby na stupnici jádro – periferie). Pro výběr byly určující rovněž socioekonomické aspekty, demografické prognózy, dopravní dostupnost regionálních center či uvedená vazba na přírodní, klimatické a morfologické podmínky. Neméně důležitým faktorem výběru byla připravenost městských samospráv ke spolupráci na řešení projektů aplikovaného výzkumu. Výběr demonstračních měst/lokalit byl směřován do Plzeňského, Středočeského a Jihočeského kraje, pro které je řešená problematika velice aktuální a potřebná z pohledu výkonu státní správy na krajské úrovni. Zacílení právě do daných regionů vycházelo i ze skutečnosti vysoké variability jednotlivých regionů a potřeby řešení problematiky v rámci konkrétních povodí:

- Tachov: vysoká sklonitost reliéfu, relativně periferní poloha, povodí Mže, Plzeňský kraj (Obr. 7.1 a Obr. 7.6A);
- Beroun: vyšší sklonitost reliéfu, exponovaná dopravní poloha v Pražské aglomeraci, povodí Berounky, Středočeský kraj (Obr. 7.2 a Obr. 7.6B);
- Čelákovice: nízká sklonitost, rozvojová poloha v Pražské aglomeraci, povodí Labe, Středočeský kraj (Obr. 7.3 a Obr. 7.6C);
- Drásov: nízká sklonitost, exponovaná rozvojová poloha ve vazbě na D4, povodí Kocáby, Středočeský kraj (Obr. 7.4 a Obr. 7.6D);
- Milevsko: nízká sklonitost, mírně periferní poloha, specifické hydrogeologické podmínky, povodí Lužnice, Jihočeský kraj (Obr. 7.5 a Obr. 7.6E).

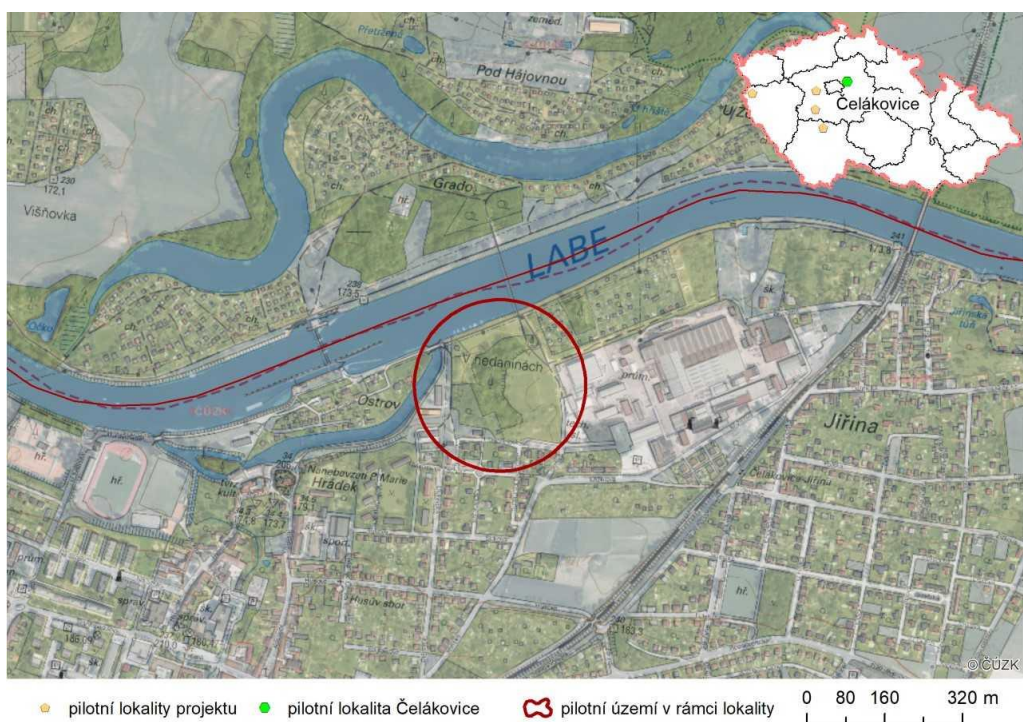


Obr. 7.1 Vybraná pilotní lokalita Tachov – bydlení v bytových domech. Zdroj: vlastní zpracování



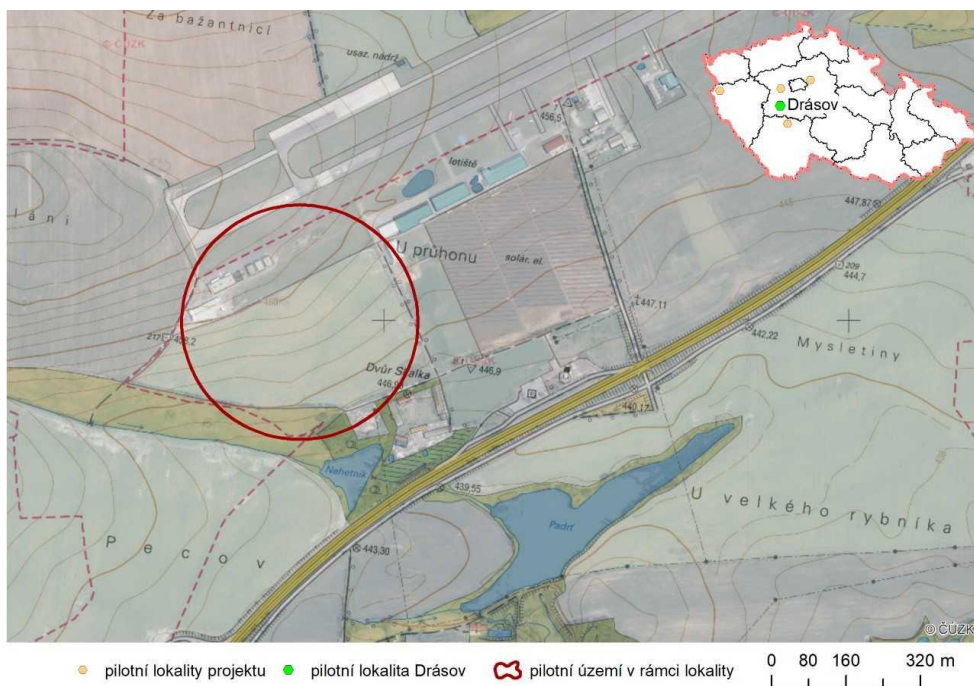
Obr. 7.2 Vybraná pilotní lokalita Beroun – bydlení v rodinných domech

Zdroj: vlastní zpracování



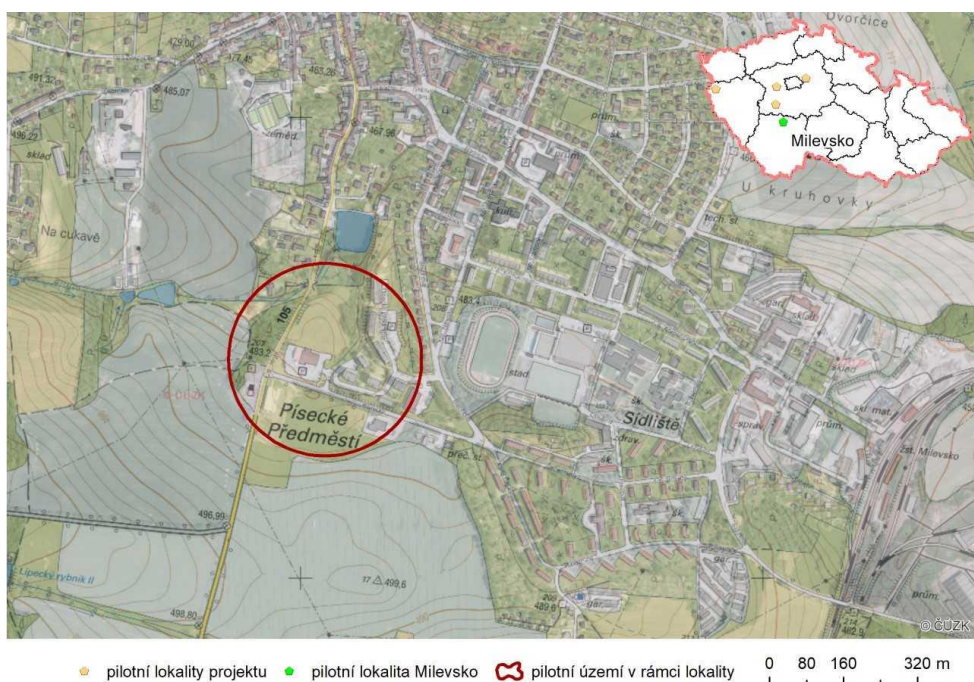
Obr. 7.3 Vybraná pilotní lokalita Čelákovice – rekreace a sportovní zařízení

Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 7.4 Vybraná pilotní lokalita Drásov – výroba a skladování

Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 7.5 Vybraná pilotní lokalita Milevsko – občanská vybavenost

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 7.6 Fotodokumentace pilotních lokalit – rozvojových ploch

Tachov – bydlení v bytových domech, B) Beroun – bydlení v rodinných domech, C) Čelákovice – rekreace a sportovní zařízení, D) Drásov – výroba a skladování, E) Milevsko – občanská vybavenost.

Zdroj: foto autorů

Na základě provedeného socio-ekonomického srovnání pilotních měst a obcí (Příloha A) lze shrnout, že v exponované poloze se nachází jak Čelákovice (rezidenční suburbanizace), tak Beroun, ale i Tachov (průmyslová zóna u významného dopravního spojení s Německem), což se projevuje různou strukturou přírůstků obyvatel, potažmo odlišným typem bytové výstavby (v Čelákovici spíše rodinné domy, v Tachově bytové s větším využitím stávajícího bytového fondu, v Berouně vyrovnanější přístup). Čelákovice v exponované poloze, s již nadprůměrnou hustotou zalidnění a podílem zastavěných ploch, vystupují jako město s vyšším sociálním a lidským kapitálem, se zájmem obyvatel o místní politiku, ačkoli větší tradicionalitu lze pozorovat v populačně ztrácejícím a stárnoucím periferním a řídko zalidněném Milevsku (ovšem proto s větší dostupností bydlení). Populačně roste i Drásov, jako venkovská obec se specifickými podmínkami, který však v současnosti čelí vysoké zadluženosti spojené s budováním kanalizace, ačkoli se vyznačuje např. i na poměry podobně velkých obcí výraznou podnikatelskou i spolkovou aktivitou. Podrobně je uveden přehled přírodních a socioekonomických podmínek v samostatných přílohách této zprávy (Příloha A, Příloha B).

7.2 Zdrojová data

Pro analýzu území pilotních měst a obcí s využitím GIS a dále pro návrh řešení HDV na vybraných lokalitách byly využity tyto podklady:

Digitální katastrální mapa

Digitální mapa katastrální je zpravidla v S-JTSK ve vztáhném měřítku 1 : 1 000. Digitální mapy jsou stěžejním mapovým podkladem v informačních systémech a aplikacích vztahujících se k území. Dokončení digitální vektorové katastrální mapy v rozsahu celého území České republiky je jedním z nejvýznamnějších úkolů resortu.

zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální

Digitální model reliéfu 5. generace

Digitální model terénu České republiky 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN). Model je určen k analýzám terénních poměrů lokálního charakteru a rozsahu.

zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální

Ortofoto České republiky

Sada periodicky aktualizovaného barevného ortografického zobrazení zemského povrchu v rozměrech a kladu mapových listů.

zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální

Geologická mapa České republiky

Geologická mapa znázorňuje geologickou stavbu území i stavbu zemské kůry. Je v ní znázorněno rozšíření stratigrafických jednotek, průběh tektonických linií a další geologicky důležité skutečnosti. Mapa poskytuje údaje o území nutných pro plánování a rozvoj regionů. Použita byla geologická mapa v měřítku 1: 50 000.

zdroj: Česká geologická služba

Mapa vodních toků a vodních ploch, ochranných pásem vodních zdrojů

Referenční geografická mapa tvořena z odpovídajících vrstev ZABAGED. Mapa je tvořena z tematických kartografických výstupů s vodohospodářskou tematikou a tematikou ochrany vod poskytovaných ve formátu ESRI shapefile vyvíjených na Oddělení geografických informačních systémů a kartografie VÚV T.G.M., v.v.i.

zdroj: DIBAVOD, Hydroekologický informační systém VÚV TGM

Data hydromeliorací

Mapa hydromeliorací poskytuje neaktualizovaná historická data pořízená Zemědělskou vodohospodářskou správou (ZVHS) digitalizací analogových map. Obsahuje informace o umístění zemědělských melioračních staveb.

zdroj: Ministerstvo zemědělství (bývalá Zemědělská vodohospodářská správa)

Mapa Registru územní identifikace, adres a nemovitostí (RUIAN)

Registr územní identifikace adres a nemovitostí (RUIAN) je základním registrem veřejné správy. Poskytuje veřejný seznam s absencí osobních údajů. Vrstva je jedinečným zdrojem adres nejen pro veřejnou správu. Obsahuje údaje o územních prvcích, územně evidenčních jednotkách a jejich vzájemných vazbách.

zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální

Mapa potenciálního vsakování srážkových vod od VÚMOP (2008-2012)

Mapa je vytvořena z podkladů mapy Zranitelnosti podzemních vod, která je sestavována na základě celostátní grafické a numerické databáze BPEJ v referenčním měřítku 1:5 000. Tvoří ji tři vstupní vrstvy, vrstva charakteru horninového prostředí, vrstva charakteru oběhu podzemních vod a vrstva transmisivity. Všechny tři vrstvy mají svou váhu ve vztahu k procesu infiltrace rizikových látek do podzemních vod.

Syntetická mapa byla konstruována na základě tří dílčích informačních vrstev: relativní zranitelnosti horninového prostředí, relativní zranitelnosti půdy a vláhové bilance. Dané datové podklady lze však také interpretovat jako Mapu potenciálního vsaku, což využívá opačného principu zranitelnosti – kdy místa s nejvyšším rizikem zranitelnosti podzemních vod jsou prezentována jako oblasti s vysokou schopností vsakování.

Kategorie vsaku do půdního prostředí vychází z analýzy kódu BPEJ, kde pro hodnocení hydropedologických vlastností byla vybrána následující kritéria: hlavní půdní jednotka, sklonitost, expozice, skeletovitost a hloubka půdy. Infiltrační kapacita půdy je klasifikována do pěti tříd. Potenciál vsaku do půdního prostředí má 40 % vliv na celkové podmínky vsakování.

Kategorie vsakování do horninového prostředí bylo sestaveno ze tří vstupních vrstev, a to z vrstvy charakteru horninového prostředí, charakteru oběhu podzemních vod a transmisivity kolektoru. Vsakování do horninového prostředí je také klasifikováno do pěti tříd, kde číslo 1 odpovídá porézním horninovým typům a kategorie 5 pak celistvé plastické typy hornin. Váha parametru na celkové podmínky infiltrace do podzemních vod je 50 %.

Vláhové bilance, nebo také index potenciální dotace podzemních vod odpovídá 10 % váze parametru na celkové vsakování srážkových vod.

zdroj: VÚMOP

Základní Mapa ČR 1:10 000 (ZM 10)

Rastrový mapový podklad v měřítku 1:10 000 v celém rozsahu zájmového území. Základní státní mapové dílo obsahující polohopis (sídla, objekty, komunikace, vodstvo, porost, povrch půdy atd.), výškopis (vrstevnice a terénní stupně) a popis.

zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální

7.3 Mapy potenciálu HDV na rozvojových lokalitách měst a obcí

S využitím uvedených portupů a datových zdrojů byly dokončeny elaboráty pěti specializovaných map s odborným obsahem Nmap:

- a) Návrh efektivního hospodaření se srážkovou vodou pro pilotní rozvojovou plochu bydlení v bytových domech – Tachov,
- b) Návrh efektivního hospodaření se srážkovou vodou pro pilotní rozvojovou plochu bydlení v rodinných domech – Beroun,
- c) Návrh efektivního hospodaření se srážkovou vodou pro pilotní rozvojovou plochu výroby a skladování – Drásov,

d) Návrh efektivního hospodaření se srážkovou vodou pro pilotní rozvojovou plochu občanského vybavení – Milevsko,

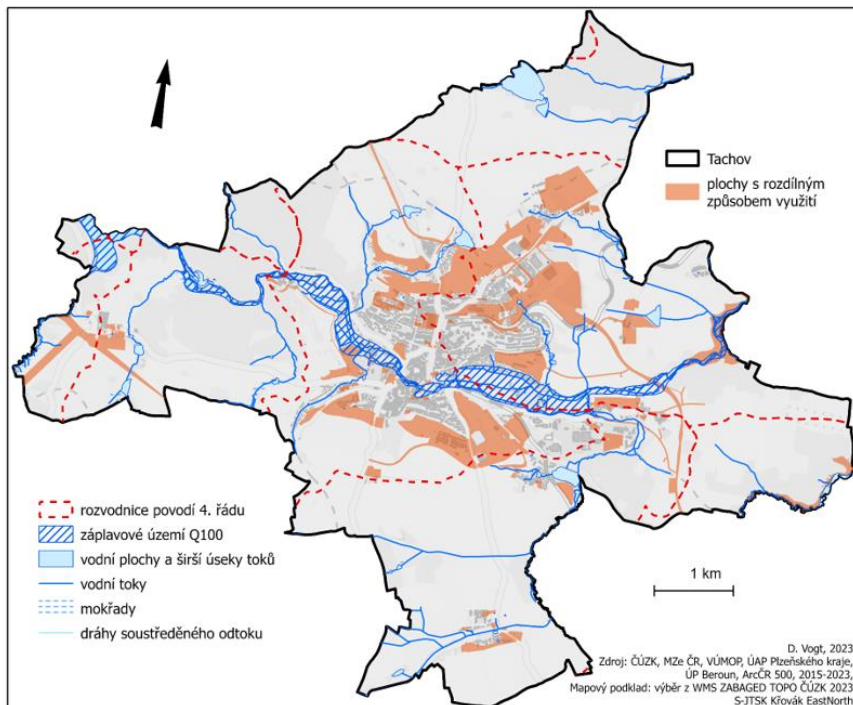
e) Návrh efektivního hospodaření se srážkovou vodou pro pilotní rozvojovou plochu rekreace a sportovních zařízení – Čelákovice.

Mapové kompozice jednotlivých mapových elaborátů byly zpracovány každý v rozsahu cca 50 stran map, textů, tabulek, grafů, fotodokumentace a vizualizací. Elaboráty propojují prostorové a databázové informace o variantních řešeních optimalizovaného HDV na rozvojových plochách uvedených měst. Vzhledem ke komplexnosti zpracování výstupů, propojování jednotlivých analýz geodat s vazbou na použití software RWM a také následnému posuzování výstupů recenzenty, byly finální výstupy Nmap dokončeny v závěrečné fázi řešení projektu (12/2023).

Hodnocení a prezentace byly provedeny ve dvou základních měřítcích, a to na úrovni přehledu rozvojových ploch města a na úrovni variant HDV na vybrané pilotní lokalitě.

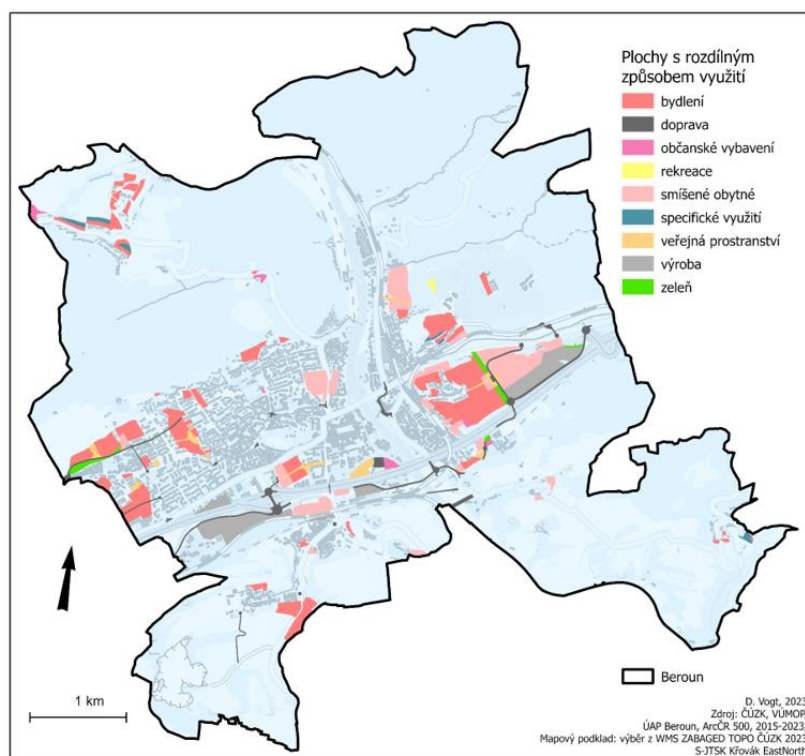
Elaboráty specializovaných map se v první části věnují charakteristikám města a jeho rozvojových ploch, definovaných podle územního plánu. Socio-ekonomické hodnocení se věnuje socio-ekonomické poloze, demografickým ukazatelům ve vztahu k rozvoji města a dále využití ploch v celkovém přehledu, ekonomickému, sociálnímu a lidskému kapitálu jako předpokladu rozvoje. Kartograficky, textově a graficky jsou zpracovány přehledy rozvojových ploch ve městě z hlediska podmínek HDV. Jedná se o přehledy hydrografické sítě, sklonitosti, potenciálu vsaku, půdním poměrům a dostupnosti kanalizace (příklady viz Obr. 7.1 až Obr. 7.11).

Hydrografická síť ve vztahu k rozvojovým plochám v Tachově 2023



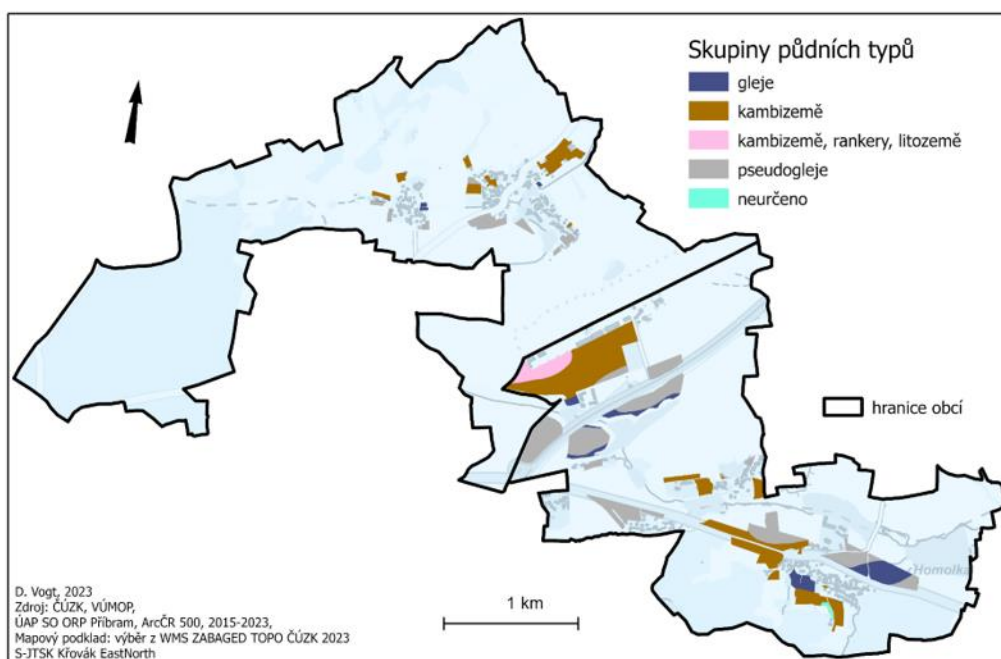
Obr. 7.7 Ukázka mapového výstupu – vybrané hodnocení rozvojových ploch v Tachově.

Rozvojové plochy územního plánu v Berouně k roku 2023



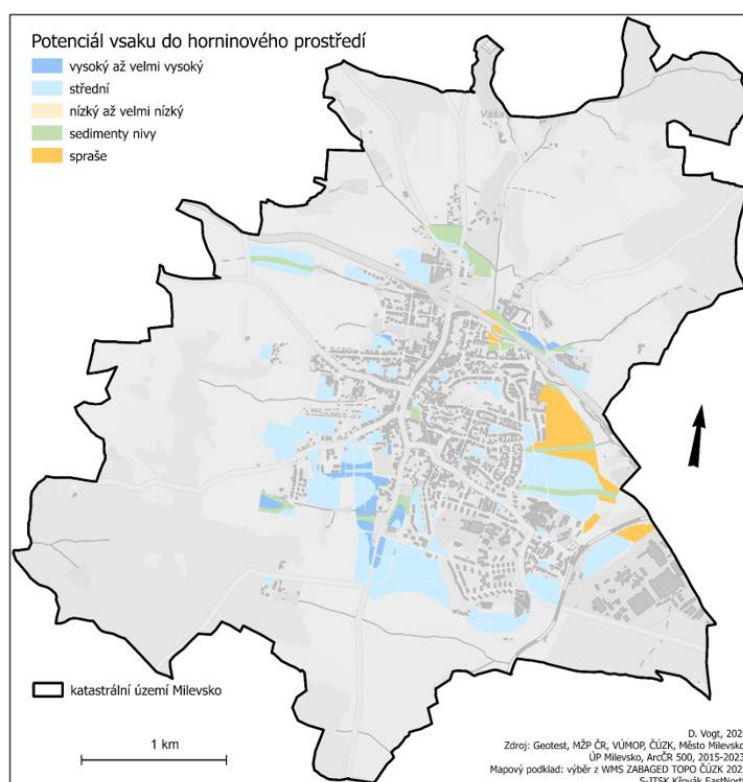
Obr. 7.8 Ukázka mapového výstupu – vybrané hodnocení rozvojových ploch v Berouně.

Skupiny půdních typů podle HPJ na rozvojových plochách v Drásově a Suchodole 2023



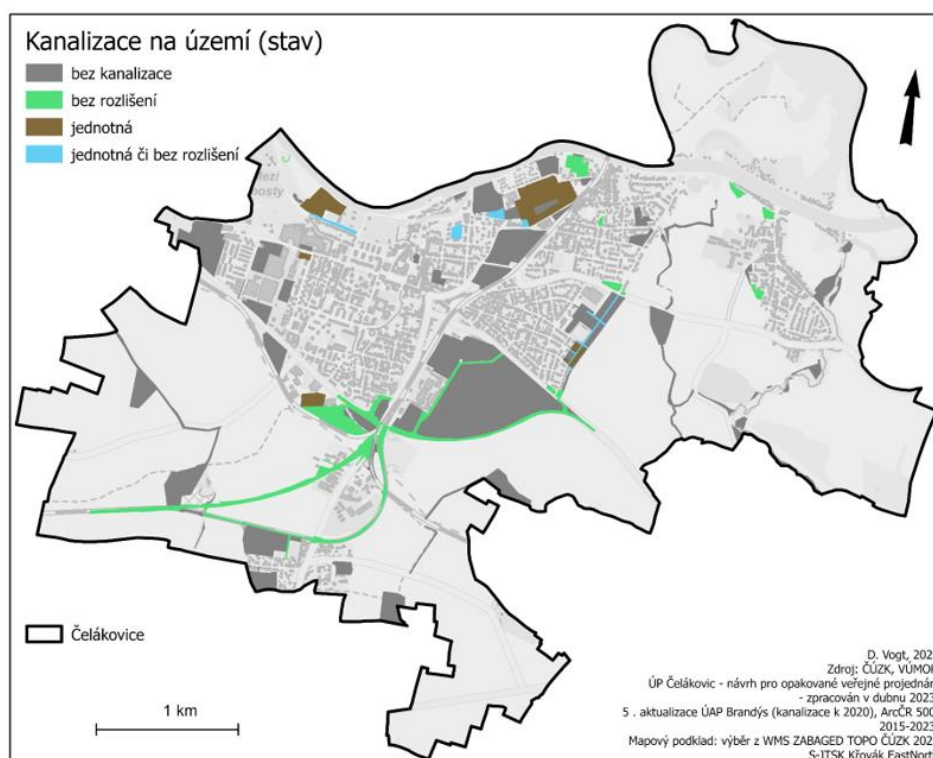
Obr. 7.9 Ukázka mapového výstupu – vybrané hodnocení rozvojových ploch v Drásově.

Potenciál vsaku dešťové vody na rozvojových plochách v Milevsku 2023



Obr. 7.10 Ukázka mapového výstupu – vybrané hodnocení rozvojových ploch v Milevsku.

Dostupnost kanalizace na rozvojových plochách v Čelákovících k 2023



Obr. 7.11 Ukázka mapového výstupu – vybrané hodnocení rozvojových ploch v Čelákovících.

8 Softwarová aplikace na principu multikriteriální analýzy

8.1 Vstupní rozbor

V rámci projektu byl stěžejním úkolem vývoj, programování a testování základní funkcionality softwarové aplikace. Byl dokončen vývoj, testování a zpracování doprovodné dokumentace softwarové aplikace RWM (RainWaterManager), zaměřené na multikriteriální analýzu území pro výběr efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území.

Zásadním krokem byla implementace katalogu opatření na základě matic vhodnosti – multikriteriální výběr definovaných opatření (prvků a nástrojů prosazování) z katalogu do uživatelského prostředí RWM pro potřeby definování hodného způsobu HDV na jednotlivých plochách funkčního využití. Finalizace funkcionality SW vycházela z nastavení pro potřeby státní správy a samosprávy.

Vývoj aplikačního software probíhal rozbořem vstupních a výstupních podmínek pro multikriteriální analýzu sloužící výběru optimálního řešení. Byl navržen a publikován vlastní postup tvorby návrhu HDV rozvojových lokalit, inspirovaný zahraničními manuály. Na základě podrobné rešerše zahraničních (Tab. 8.1) a národních zdrojů byl navržen soubor vstupních parametrů rozvojových ploch a diskutovány možnosti jejich multikriteriální analýzy.

Tab. 8.1 Přehled aplikací na podporu HDV

Aplikace	forma	účel použití	Odkaz a stát původu
Green Factor Tool	MS Excel	Hodnocení modro-zelené infrastruktury – odtokové koeficienty indexem, ekoslužby, retenční objem, možnost modifikace parametrů, katalog opatření	http://www.integratedstormwater.eu/material/green-factor-tool (Finsko)
Climate Resilient City Toolbox	GIS webová aplikace	variantní plánování opatření na klimatickou adaptaci (katalog)– lokalizace v území, vyhodnocení dopadů (retence, zmírnění teploty, výpar, doplnění podzemních vod, vliv na kvalitu vody, náklady a údržba)	https://publicwiki.deltares.nl/display/AST/Adaptation+Support+Tool+and+KBS+Toolbox+Home (Nizozemsko)
Climate adaptation app	Webová aplikace	Výběr vodných opatření (klimatická adaptace) z katalogu na základě podmínek lokality (opatření jako předchozí nástroj)	https://climateapp.org/ (Nizozemsko)
Urban Greening factor	MS Excel	Jednoduchý výpočet koeficientu zeleně	https://www.london.gov.uk/what-we-do/planning/implementing-london-plan/london-plan-guidance/urban-greening-factor-ugf-guidance (UK)

National Stormwater Calculator	Webová GIS aplikace	Hodnocení podmínek území podle lokality, možnost zadání opatření, výpočet retence a podmínek odtoku	National Stormwater Calculator US EPA (USA)
Storm Water Management Model	Software	Pokročilé modelování odtoku (včetně kvality vody), nástroj projektování opatření	https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm (USA)
Rational Equation Calculator	Webová kalkulačka	Jednoduchý výpočet odtoku racionální metodou, tabulkové odtokové koeficienty	https://climateapp.org/ (USA)
Wasserbilanz-Expert	Software (placený)	Pokročilý software pro výpočet hydrologické bilance lokality (zadání ploch) s využitím klimatických údajů	https://de.dwa.de/de/Wasserbilanz.html (Německo)
Green Values® Stormwater Management Calculator	Webová aplikace	Kalkulátor tříděný podle funkčního typu, výpočet odtoku na základě parametrů území a opatření, ekoslužeb, finanční hodnocení	https://greenvalues.cnt.org/ (USA)
Blue-Green Factor Calculator	Android aplikace	Kalkulace koeficientu modro-zelené infrastruktury pro vybrané území podle dílčí rozlohy povrchů	https://oppla.eu/blue-green-factor-calculator-android-app (Norsko)

Vysvětlivky:

- **Výpočty indexů** zeleně či modro-zelené infrastruktury, podle struktury ploch v území
- **Kalkulace odtoku** – základní výpočty odtoku dle zadané struktury ploch
- **GIS webové aplikace** – pracují s konkrétním územím (vstupní podmínky) a výběrem opatření – výpočet retenčního účinku a dalších dopadů
- **Modelovací software** – hydrologické modelování vyžadující podrobné podklady z lokality

Vybrané podklady použité k tvorbě softwarové aplikace a matice parametrů vhodnosti opatření

- TNV 75 9011 – definuje podmínky aplikace opatření ve vztahu ke znečištění a poměru zdrojových a cílových ploch, omezení dle vsakovacích podmínek.
- Dokumentace software Climate Resilient City Toolox určuje mimo jiné tabelárně míru vhodnosti opatření ve vztahu k půdním podmínkám, struktuře ploch, typu střech, vsakovacím podmínkám a cílovým požadavkům (omezení povodní, sucha, vlny horka...).
- <https://publicwiki.deltares.nl/display/AST/AST2.0+Documentation>
- Slaney, S. (2017). Stormwater management for sustainable urban environments. Images Publishing Group Pty.
- WEF (2014). Green infrastructure implementation: a special publication. WEF special publication. Water Environment Federation.
- Kopp, J., Raška, P., Vysoudil, M., Ježek, J., Dolejš, M., Veith, T., Frajer, J., Novotná, M., & Hašová, E. (2017). Ekohydrologický management mikrostruktur městské krajiny. Západočeská univerzita v Plzni.
- Katalog opatření retence vody pro městské prostředí EU – určuje vliv na znečištění, míru hydrologických účinků, další benefity a také inspirace pro tvorbu katalogu: <http://nwrn.eu/measures-catalogue>

- ČSN 75 6101 (Tab3) – definuje odtokové koeficienty pro přímou metodu
- Výpočet indexu modro-zelené infrastruktury:
- http://www.integratedstormwater.eu/sites/www.integratedstormwater.eu/files/final_outputs/helsinki_green_factor_tool_-_user_manual_final.pdf

8.2 Principy multikriteriální analýzy

V současné době je známa široká paleta souboru opatření pro efektivní hospodaření se srážkovou vodou. Jednotlivá opatření se od sebe vzájemně liší jak svými parametry a předpoklady realizace, tak i účelem v systému HDV. Prvním krokem při vývoji softwaru byla analýza, která měla za cíl určit hlavní kritéria, která budou hodnocena samotným softwarem a na jejichž základě bude uživateli doporučeno neoptimálnější opatření.

Vlastní prvky HDV zpracované do katalogu je možné primárně rozdělit do kategorií podle funkce, kterou v systému hospodaření s vodou plní: (1) Systémy zachycení a využití vody, (2) Systémy plošné retence a vsakování, (3) Vsakovací systémy bodové a liniové, (4) Systémy povrchového odvodnění území, (5) Systémy zadržení vody a regulovaného odtoku, (6) Systémy čištění vody ve spojení se systémy vsakování nebo odtoku. Je možné jako samostatnou kategorii vymezit (7) Opatření pro zlepšení mikroklimatu a/nebo prevenci vzniku srážkového odtoku – vegetační střechy a fasády, plochy zeleně, propustné a polopropustné plochy.

U většiny opatření lze stanovit jejich fyzikální vlastnosti nebo limity. Na základě těchto vlastností (např. retenční objem, rychlost infiltrace, ...) je pak možné tyto objekty dimenzovat případně kombinovat je z hlediska jejich účelu (např. zadržení daného objemu srážky). Kvantifikovat fyzikální vlastnosti u některých opatření (zejména kategorie 7) je ale problematické. Nelze vždy věrohodně určit, jakým retenčním objemem budou tato opatření disponovat. Tento fakt komplikuje automatizaci jejich hodnocení v rámci softwaru. Zároveň lze u této skupiny opatření HDV těžko numericky kvantifikovat některé funkce (např. zlepšení mikroklimatu, hygienické či estetické funkce zeleně), byť jejich přínos je neoddiskutovatelný.

Pro hodnocení/výběr kritérií, která mají odlišná měřítka (fyzikální, společenská), lze ale využít metod multikriteriální analýzy (MCA). Cílem MCA je nalezení řešení, které respektuje rozdílná vstupní kritéria a zároveň je schopné určit nevyhovující variantu.

Hodnocení pomocí MCA probíhá podle těchto kroků:

- 1) Definice problému – všechna přípustná řešení (všechna uvažovaná opatření/katalogové listy).
- 2) Stanovení hodnotících kritérií – hydrologické podmínky, pedologické podmínky, morfologické podmínky, klimatické podmínky, socioekonomické podmínky, územně plánovací aspekty, cena realizace, retenční objem, následné využití zadržené vody.
- 3) Sestavení rozhodovacích matic – pořadí kritérií dle preference.
- 4) Přiřazení vah hodnotícím kritériím.
- 5) Stanovení pravidel hodnocení.
- 6) Vyhodnocení.

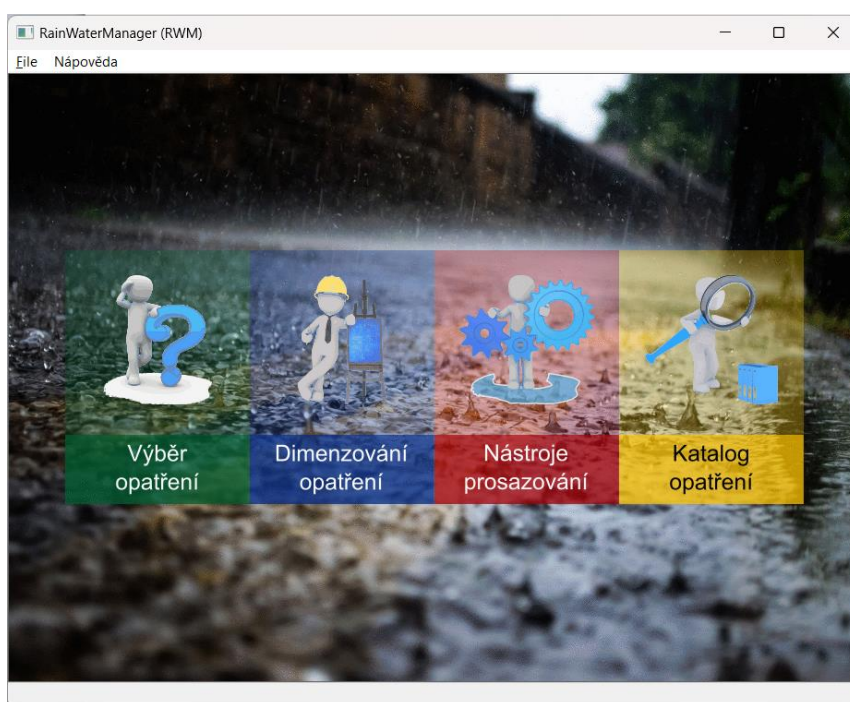
8.3 Funkcionalita softwarové aplikace RWM

Software RWM byl koncipován jako samostatně spustitelná aplikace (*.exe) vyvinutá v programovacím jazyce C++. Jeho spuštění nevyžaduje žádnou instalaci. Software je k dispozici ve formě distribučního balíku, ten obsahuje program RWM a přiložené dokumenty, na něž se odkazuje (Katalog opatření HDV). Software je umístěn na odkaze: <https://www.fzp.czu.cz/rwm>

Software RainWaterManager (RWM) byl vyvinut jako podpora pro uživatele v rozhodovacím procesu o volbě opatření HDV (Obr. 8.5). Primárně má software pomoci s výběrem vhodného opatření HDV, hodnocením jeho efektivity a prosazováním jeho realizace. Sekundárně pak zvýšit povědomí o jejich existenci a využití. Do software je celkově zahrnuto 17 opatření HDV. Podrobně jsou jednotlivá opatření popsána v Katalogu opatření HDV. Digitální verze katalogu HDV je součástí softwaru RWM.

Software RWM byl koncepčně rozdělen do čtyř samostatných modulů. Ty jsou přístupné přes úvodní okno (Obr. 8.1). Jednotlivými moduly jsou:

- Výběr opatření
- Dimenzování opatření
- Nástroje prosazování
- Katalog opatření



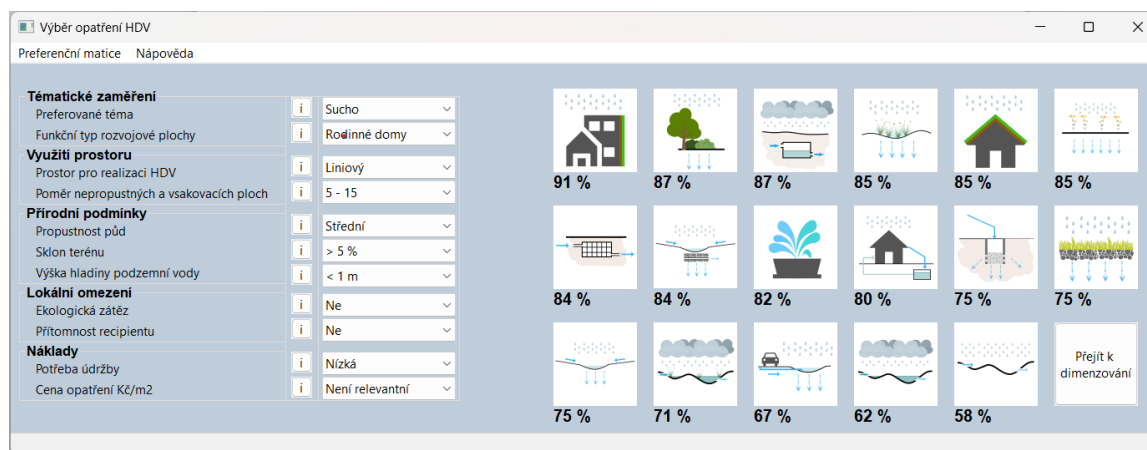
Obr. 8.1 Úvodní obrazovka softwaru RWM

Výběr opatření

Tento modul pomáhá uživateli s výběrem vhodného opatření HDV. Uživatel volí přednastavené odpovědi na 11 vybraných otázek. Otázky pokrývají širokou škálu tematických okruhů zahrnující tematické zaměření, využití prostoru, přírodní podmínky, lokální omezení a náklady na realizaci a údržbu. Celkem je k dispozici 38 možných odpovědí. Konkrétní zvolené odpovědi jsou použity jako vstupní kritéria pro hodnocení vhodnosti opatření. K tomuto hodnocení je využita multikriteriální analýza (MCA). V procesu MCA jsou vždy hodnocena všechna opatření HDV dostupná v RWM. Na základě volby konkrétního kritéria dojde k bodovému ohodnocení všech opatření HDV. Míra bodového

ohodnocení závisí na míře vhodnosti daného opatření pro zvolené kritérium. V případě, že volené kritérium plně koresponduje s potřebami daného opatření, je toto ohodnoceno plným počtem bodů. V ostatních případech je opatření ohodnoceno méně body v závislosti na míře korespondence. K ohodnocení je použita bodová škála 1–5 (1 – nejméně, 5 – nejvíce). S přidáním každého dalšího kritéria je každému opatření připsán příslušný počet bodů. Opatření, které takto získá nejvyšší bodové ohodnocení je vybráno jako nejvhodnější. Bodové hodnoty vztahů mezi kritérii a opatřeními jsou definovány v preferenční matici. Tato matice byla přednastavena za účelem dosažení maximální objektivity. Nicméně uživatel může preferenční matici pozměnit a tím do procesu MCA propsat své vlastní preference.

Výsledky MCA jsou uživateli demonstrovány grafickou a numerickou formou. Každému opatření je v rámci RWM přidělen piktoqram. Piktoqramy jsou pak řazeny sestupně na základě dosaženého bodového skóre z MCA. Relativní hodnota skóre (max. 100 %) je pak uvedena pod příslušným piktoqramem. Prezence výsledků MCA v okně výběr opatření je uvedena na Obr. 8.2. Po kliknutí na piktoqram je uživateli zobrazen detailní popis konkrétního opatření HDV a jeho aplikace v praxi.



Obr. 8.2 Prezence výsledků MCA v modulu výběr opatření

Dimenzování opatření

V tomto modulu může uživatel zjednodušeně vypočítat hodnoty vybraných hydrologických charakteristik v řešeném území a vliv vybraného opatření HDV na tyto hodnoty. Uživatel tak může zhodnotit potřebný rozsah plánovaného opatření, jeho efektivitu nebo cenu. Grafická podoba panelu Dimenzování je na Obr. 8.3.

K primárnímu odhadu hydrologických charakteristik je potřeba zadat zjednodušený popis předpokládaného využití území. Uživatel zadá velikosti jednotlivých ploch, které spolu tvoří zájmové území, z nabídky vybere jejich typ a přiřadí jim hodnotu sklonu. Nutností je také zadání výšky návrhové srážky. Výšku srážky je možné zadat manuálně (nutná znalost výšky srážky pro déšť s dobou trvání $t = 15$ min a dobou opakování $p = 0,2$ pro danou lokalitu) nebo použít data z nejbližší srážkoměrné stanice, které program nabízí. Ve výpočtu lze zohlednit také předpokládaný vliv budoucí klimatické změny na hodnotu intenzity srážek. Samotný výpočet je realizován na základě racionální metody. Vybranými hydrologickými charakteristikami jsou hodnoty maximálního odtoku dešťových vod, maximálního specifického odtoku a objemu srážkové vody k nakládání. Dále je počítán koeficient modrozelené infrastruktury (KMZI).

Typ rozvojové plochy Rodinné domy

Předpokládané využití území

Plocha [m ²]	Kategorie	Sklon [%]
100	Zpevněné plochy - střechy	1 - 5 %
180	Komunikace - zpevněné	< 1 %
10	Zeleň - zapojené stromy	< 1 %
530	Zeleň - smíšená, zahrady, uliční zeleň	< 1 %
120	Zeleň - trávníky	< 1 %
0	Vodní plochy	< 1 %
60	Komunikace - nezpevněné	> 5 %

Vymazat Editovat

Nejbližší srážková stanice Vsetín

Návrhové úhrny srážek pro zvolenou stanici (t = 15 min, p = 0,2) 22,1 mm

Zahrnout klimatickou změnu 15 %

Plánované prvky HDV

- ☐ Suchá (detenční) nádrž
- ☐ Retenční nádrž
- ☐ Podzemní retenční nádrž
- ☒ Dešťový záhon
- ☐ Zelené střechy
- ☐ Systém plošného vsakování
- ☐ Vstřikovací modelné plochy

Náhrada plochy

- ☒ Komunikace - zpevněné
- ☐ Zeleň - zapojené stromy
- ☐ Zeleň - smíšená, zahrady, uliční zeleň
- ☐ Zeleň - trávníky
- ☐ Vodní plochy
- ☐ Komunikace - nezpevněné

Výpočet

Výsledky bez HDV	Výsledky po přidání HDV	Odhad ekonomické náročnosti
Maximální odtok dešťových vod - Q [m ³ /s]	0.007	0.006
Maximální specifický odtok - q [l/s/ha]	72.6	55.4
Objem srážkové vody k likvidaci - V [m ³]	6.531	4.984
Koeficient modrozelené infrastruktury (KMZI)	1.286	1.566
		Min. 65 000 Kč
		Max. 352 500 Kč
		Průměr 208 750 Kč

Obr. 8.3 Grafická podoba modulu Dimenzování

Do primárního odhadu může být následně přidán typ a rozsah opatření HDV, která uživatel zamýšlí realizovat. Nutné je také zadat, jaký typ plochy bude opatřením nahrazován. Následně dojde k novému výpočtu, který zohledňuje vliv opatření HDV na vybrané hydrologické charakteristiky. Při volbě opatření HDV je počítána také odhadovaná cena jeho realizace.

Nástroje prosazování

Modul prosazování opatření je primárně určen pro zástupce z řad veřejné správy. Jedná se o přehled nástrojů, které lze využít k podpoře a prosazování účinného hospodaření se srážkovou vodou v městských a obecních rozvojových lokalitách. Jednotlivé nástroje jsou založeny na zveřejněných obecných seznamech nástrojů a jejich specifikacích. Jsou kategorizovány dle hierarchické úrovně veřejné správy, dotčeného subjektu a fáze procesu (plánování, implementace, provoz). Cílem je nalezení nejvhodnějšího nástroje pro danou situaci. Celkově je zpracováno 18 typů nástrojů rozdělených do pěti kategorií (normativní, koncepční, koordinační a organizační, ekonomické, dobrovolné a etické). Pro výběr nástroje je opět využito metody MCA. Kritéria MCA jsou stanovena na základě volby odpovědí (celkem 17 možných odpovědí) na čtyři výchozí otázky. Prezence výsledků je obdobná jako u modulu *Výběr opatření*. Také zde je možné přes kliknutí na piktogram přejít na detail daného nástroje. Grafická podoba modulu Výběr opatření je na Obr. 8.4.

Nástroje prosazování

Nápověda

Úroveň zavádění nástrojů Nadnárodní

Přímo ovlivněný subjekt Veřejný investor

Procesní fáze uplatnění Plánovací

Typ rozvojových ploch Občanské vybavení

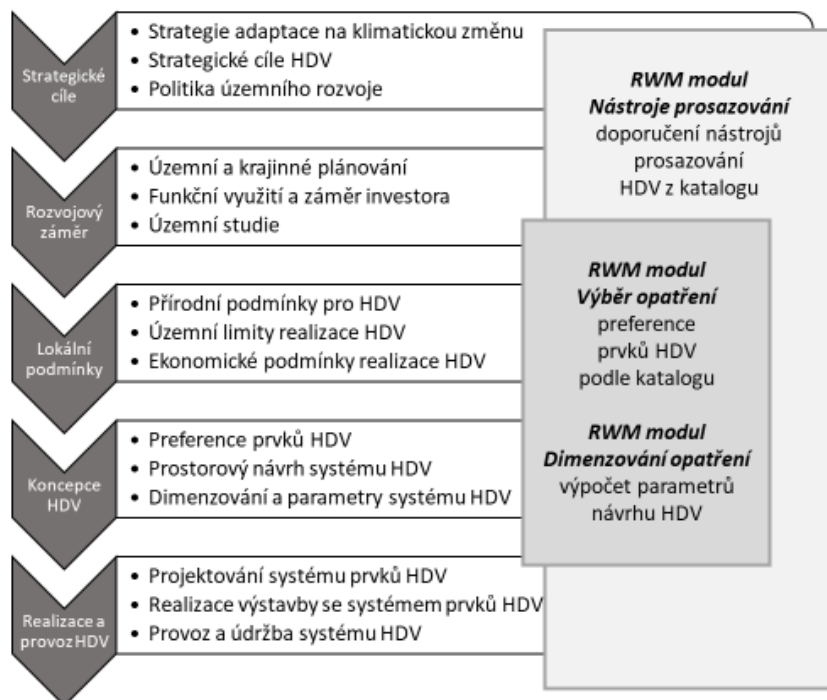
88 %	88 %	75 %	75 %	75 %	75 %
75 %	63 %	63 %	63 %	63 %	63 %
50 %	50 %	50 %	50 %	38 %	13 %

Obr. 8.4 Grafická podoba modulu Nástroje prosazování

Katalog opatření

Součástí software je i plnohodnotná digitální verze *Katalogu opatření efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území*. Katalog obsahuje informace o projektovém rámci a jeho vazbě na řešení projektu TA ČR SS03010080 – Interdisciplinární přístupy efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území v ekonomickém, sociálním a environmentálním kontextu, metodiku tvorby katalogu, katalog prvků efektivního hospodaření se srážkovou vodou, katalog funkčních typů rozvojových ploch a katalog nástrojů prosazování efektivního hospodaření se srážkovou vodou.

V roce 2023 byl nakonec software laděn a testován v kontextu zpracování návrhu variant systémů HDV pro pilotní lokality, v souvislosti s tvorbou specializovaných map. Použití na pilotních lokalitách poskytovalo cenné vazby pro výběr parametrů dimenzování a jejich validaci. Hydrologické parametry byly testovány také kontrolními výpočty s použitím srážko-odtokových (S-O) modelů, které jinak nejsou součástí aplikace HDV.



Obr. 8.5 Využití modulů RWM v rámci plánování HDV na úrovni města a jednotlivých rozvojových lokalit

Zdroj: vlastní zpracování

9 Návrhy variantních řešení systému HDV

9.1 Průzkum lokalit

Na vybraných pilotních lokalitách probíhal v letech 2021–2022 základní terénní průzkum, fotodokumentace rozbor dostupných geodat, definovány byly širší vztahy lokalit k odtokovým poměrům a byl proveden detailní hydrogeologický průzkum (vsakovací zkoušky). Základní rozbor přírodních a socio-ekonomických podmínek pilotních lokalit byl publikován ve výstupech za rok 2021. Podrobně je uveden přehled přírodních a socioekonomických podmínek v samostatných přílohách této zprávy (Příloha A, Příloha B).

Hydrogeologický průzkum byl zajištěný externě v rámci služeb na vsakovací zkoušky (Obr. 9.1, 9.2, 9.3). Postupně byly prováděny vsakovací zkoušky na jednotlivých pilotních lokalitách, kromě rozvojové plochy v Milevsku, kde lze využít průzkumy z přípravy stavební činnosti. Výsledky provedeného hydrogeologického průzkumu pilotních lokalit, zaměřeného na schopnost infiltrace území byly spolu s územním hodnocením hydrogeologické situace podle dostupných zdrojů využity jako základní podklad pro rozhodování o možnosti výběru opatření HDV.

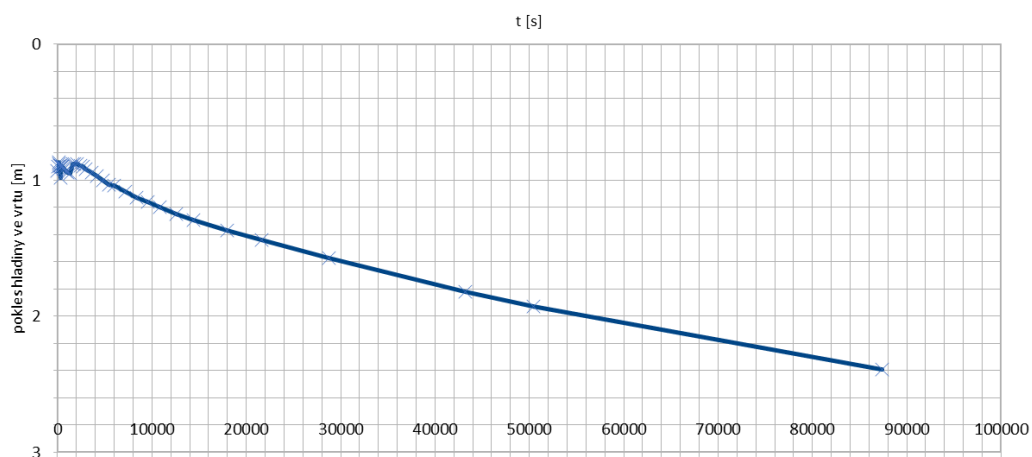


Obr. 9.1 Fotodokumentace z hydrogeologického průzkumu pilotní lokality Beroun (16. 12. 2021)



Obr. 9.2 Fotodokumentace vzorku z vrtu hydrogeologického průzkumu pilotní lokality Beroun (16. 12. 2021)

Vsakovací zkouška Beroun



Obr. 9.3 Záznam vsakovací zkoušky z průzkumu pilotní lokality Beroun (16. 12. 2021)

V detailu vybrané pilotní lokality rozvojové plochy potom byly analyzovány charakteristiky fyzicko-geografických podmínek jako podklad pro návrh řešení systému HDV. Velmi důležitým podkladem byl také vlastní terénní průzkum a provedené vsakovací zkoušky (zajištěné externím dodavatelem v předchozím období řešení). V úvahu byly brány také vlastnické poměry pozemků s umístěním prvků HDV (zejména u lokality Čelákovice).

9.2 Varinatní návrhy systému HDV

Vlastní návrhy řešení HDV na rozvojových plochách byly zpracovány na základě provedených rozborů a s využitím vyvinuté softwarové aplikace RWM. Pro každou pilotní lokalitu byly do elaborátu specializované mapy zpracované tři varianty diferencované podle míry zapojení prvků HDV:

a) Varianta 1 – bez návrhu (konvenční návrh odvodnění)

Nejméně vhodné řešení HDV rozvojové plochy počítá s přímým odváděním srážkových vod dešťovou kanalizací bez jakýchkoliv opatření ke snižování množství, retenci či retardaci odtoku. Jedná se v dnešní době spíše o teoretickou variantu, která má sloužit ke srovnávacím účelům a vyzdvihnout účelnost návrhu HDV.

b) Varianta 2 – úsporný návrh HDV

Minimalistický návrh HDV odpovídá návrhu s minimálním omezením investora, tj. minimalizace nákladů na realizaci, provoz a zejména minimalizace záboru rozvojové plochy. Pro zajištění efektivního snížení odvádění srážkových vod mohou být navrženy retenční nádrže povrchové či podzemní.

c) Varianta 3 – optimální (ideální) návrh HDV

Ideální návrh HDV na rozvojové ploše počítá s využitím celé škály prvků HDV. Opatření na budovách (zelené střechy, zelené fasády apod.), v uličním profilu (dešťové záhony, zasakovací průlehy, propustné povrchy) a veřejné zeleni (retenční nádrže, plošné vsakování, výsadba zeleně apod.) mají nároky na zábor rozvojové plochy, investiční náklady a náklady na jejich údržbu. Motivací k těmto opatřením jsou pozitiva, která s sebou nesou v podobě adaptace na klimatické změny, zlepšování mikroklimatu, zvyšování standardu veřejného prostoru apod., což zvyšuje kvalitu a cenu rozvojové plochy.

Varianty byly porovnávány (jak dokládají výsledné tabelární prezentace) z hlediska vlivu na odtok (hydrologické parametry), možného posílení ekosystémových služeb (koeficient modro-zelené infrastruktury) a z také hlediska ekonomické náročnosti. Hydrologické parametry byly zároveň ověřovány srovnáním s výsledky srážko-odtokového modelu pro každou lokalitu, aby byla zajištěna kontrola výsledků softwarové aplikace. Zároveň tak byla ověřována funkčnost vytvořeného softwaru RWM.

Elaboráty specializovaných map tak předkládají kompozice zobrazující návrhy prostorového umístění prvků HDV pro jednotlivé varianty. Prvky HDV jsou graficky odkazovány na dokumentaci v *Katalogu opatření*, ze které byly přebírány již zpracované vzorové technické výkresy jednotlivých prvků HDV a také fotodokumentace příkladů dobré praxe. Ilustrativně pro daný funkční typ území byly zároveň varianty doplněny o ideové 3D vizualizace, které dokumentují rozdíly v uplatnění prvků HDV v daném typu zástavby.

Zpracované výstupy v kategorii Nmap pro pilotní lokality najdou uplatnění v praxi veřejné správy v oblasti životního prostředí při rozhodovacích procesech, posudkové činnosti, tvorbě územně plánovací dokumentace, projekci generelů rozvojových ploch nebo při tvorbě regulativů rozvoje území. Elaboráty map by měly uživatelům zvýšit povědomí o možnostech využití jednotlivých opatření HDV a jejich vlivu na hydrologickou situaci v území, které spravují. Další skupinou uživatelů jsou projektanti nebo stavební inženýři, kteří při plánování staveb potřebují znát orientační efektivitu nebo prostorové nároky na realizaci HDV u jimi řešených projektů.

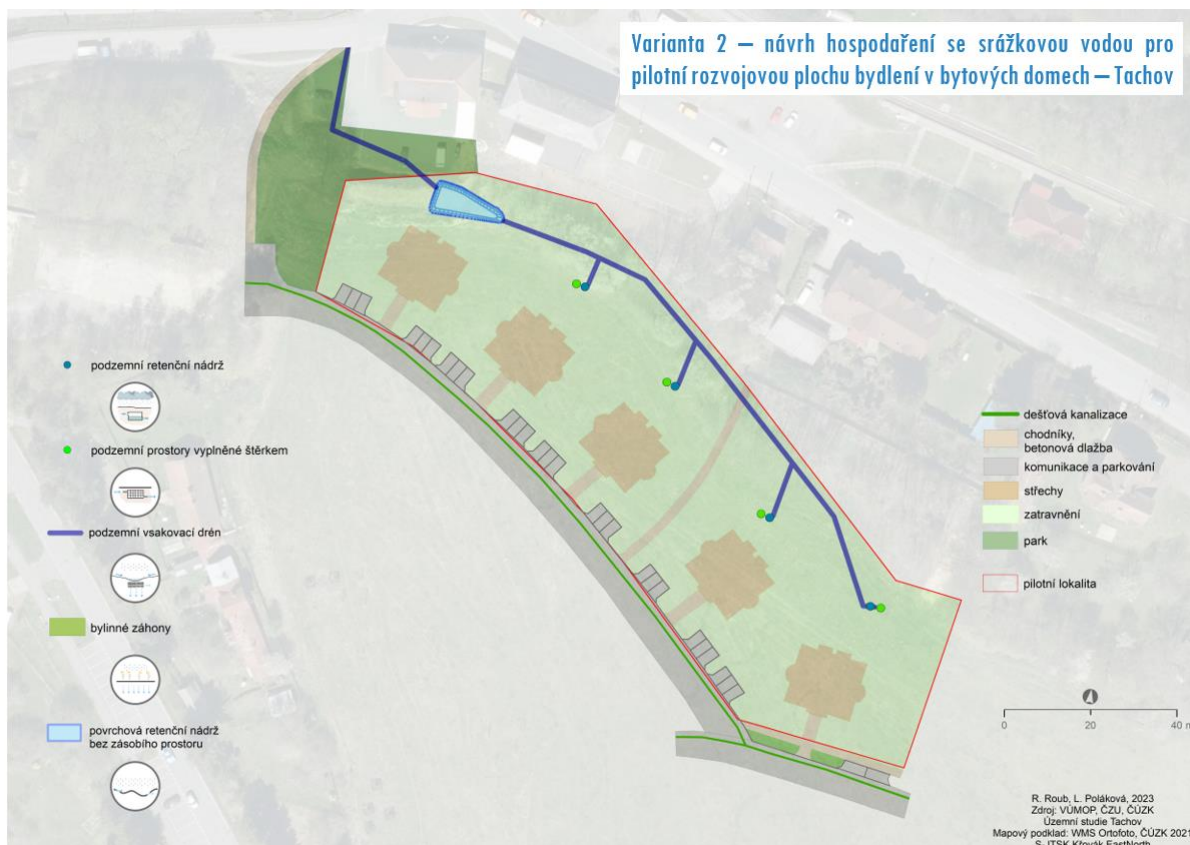
9.3 Příklad variantních návrhů pro pilotní lokalitu rozvojové plochy bydlení v bytových domech – Tachov

Nejméně vhodné řešení HDV rozvojové plochy počítá s přímým odváděním srážkových vod dešťovou kanalizací bez jakýchkoliv opatření ke snižování množství, retenci či retardaci odtoku. Jedná se v dnešní době spíše o teoretickou variantu, která má sloužit ke srovnávacím účelům a vyzdvihnout účelnost návrhu HDV (Obr. 9.4).



Obr. 9.4 Varianta 1 – bez návrhu

Minimalistický návrh HDV odpovídá návrhu s minimálním omezením investora, tj. minimalizace nákladů na realizaci, provoz a zejména minimalizace záboru rozvojové plochy. Pro zajištění efektivního snížení odvádění srážkových vod mohou být navrženy retenční nádrže povrchové či podzemní (Obr. 9.5).



Obr. 9.5 Varianta 2 – minimalistický návrh HDV

Ideální návrh HDV na rozvojové ploše počítá s využitím celé škály prvků HDV (Obr. 9.6). Opatření na budovách (zelené střechy, zelené fasády apod.), v uličním profilu (dešťové záhony, zasakovací průlehy, propustné povrchy) a veřejné zeleni (retenční nádrže, plošné vsakování, výsadba zeleně apod.) mají nároky na zabor rozvojové plochy, investiční náklady a náklady na jejich údržbu. Motivací k těmto opatřením jsou pozitiva, která s sebou nesou v podobě adaptace na klimatické změny, zlepšování mikroklimatu, zvyšování standardu veřejného prostoru apod., což zvyšuje kvalitu a cenu rozvojové plochy.



Obr. 9.6 Varianta 3 – ideální návrh HDV

Pilotní lokalita představuje typ rozvojové plochy bytových domů. S rozlohou 1,1157 ha a průměrným sklonem nad 5 %. Všechny návrhové varianty (1, 2, 3) mají stejné zadání (Tab. 9.1). Rozdíl mezi variantami je v návrhu prvků HDV, kdy navržené prvky nahradí stávající plochy, aby byla dodržena celková plocha řešeného území. Návrhové úhrny srážek byly pro rozvojovou lokalitu převzaty ze srážkoměrné stanice Mariánské lázně. Pro délku trvání deště $t = 15$ minut a pravděpodobnost výskytu $p = 0,2$ je srážkový úhrn 18,2 mm.

Tab. 9.1 Kategorie ploch podle struktury jednotlivých variant řešení

	Varianta návrhu rozvojové lokality		
	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Celková plocha (ha)	1,1157	1,1157	1,1157
Průměrný sklon (%)	> 5	> 5	> 5
Plochy řešeného území (m²)			
Zpevněné plochy – střechy	1 243	1 243	1 243
Kommunikace – zpevněné	2 318	2 318	2 318
Zeleň – smíšená, zahrady, uliční zeleň	1 133	1 133	1 133
Zeleň – trávníky	6 463	6 463	6 463

Výpočtem varianty 1 bylo zajištěno, jaké množství srážkové vody bude nutné zpracovat, a zároveň je počítán maximální odtok. Tyto parametry následně sloužily pro návrh parametrů plánovaných prvků HDV uvedených v následující tabulce (Tab. 9.2).

Tab. 9.2 Vybrané prvky zlepšujících opatření jednotlivých variant řešení

	Varianta návrhu rozvojové lokality		
	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Plánované prvky HDV (m²)			
Suchá retenční nádrž (plocha, objem)		97 m ²	97 m ²
		64 m ³	53 m ³
Podzemní vsakovací drén		209 m ²	209 m ²
Podzemní retenční nádrž		16 m ³	16 m ³
Bylinné záhony		44 m ²	44 m ²
Systém plošného vsakování			340 m ²
Zelené střechy			1 243 m ²
Výsadba stromů a keřů			200 m ²
Náhrada plochy			
Komunikace – zpevněné			ano
Zeleň – smíšená, zahrada, uliční zeleň		ano	ano

Návrh prvků HDV byl proveden tak, aby dokázal zadržet přesné množství vody určené k likvidaci bez HDV. Výsledky reprezentují výsledky z nástroje RWM (Tab. 9.3), jejichž správnost byla ověřena detailním srážko-odtokovým modelem.

Tab. 9.3 Výsledky z nástroje RWM

	Varianta návrhu rozvojové lokality		
	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
RWM			
Maximální odtok dešťové vody (m ³ /s)	0,089	0,089	0,089
Objem srážkové vody likvidaci bez HDV (m ³)	79,9	79,9	79,9
Objem srážkové vody likvidaci s HDV (m ³)	-	0	0
Koeficient modro-zelené infrastruktury	0,840	0,852	1,040
Odhad průměrných nákladů (Kč)	-	1 038 270	6 699 045

9.4 Verifikace nástroje RWM s modelovým řešením (pilotní lokality Beroun)

Pro vybranou rozvojovou lokalitu, v tomto případě konkrétně se jednalo o rozvojovou lokalitu Beroun, byl nástroj RWM verifikován s modelovým řešením S-O modelu. Předmětem verifikace byl počáteční stav, tj. současné využití lokality (varianta 0) a tři varianty s plánovaným využitím rozvojové lokality rozlišené rozsahem aplikace prvků HDV. Cílem verifikace je ověření a zhodnocení funkčnosti nástroje RWM, který představuje efektivní nástroj pro vyhodnocení srážko-odtokových poměrů a návrh prvků HDV.

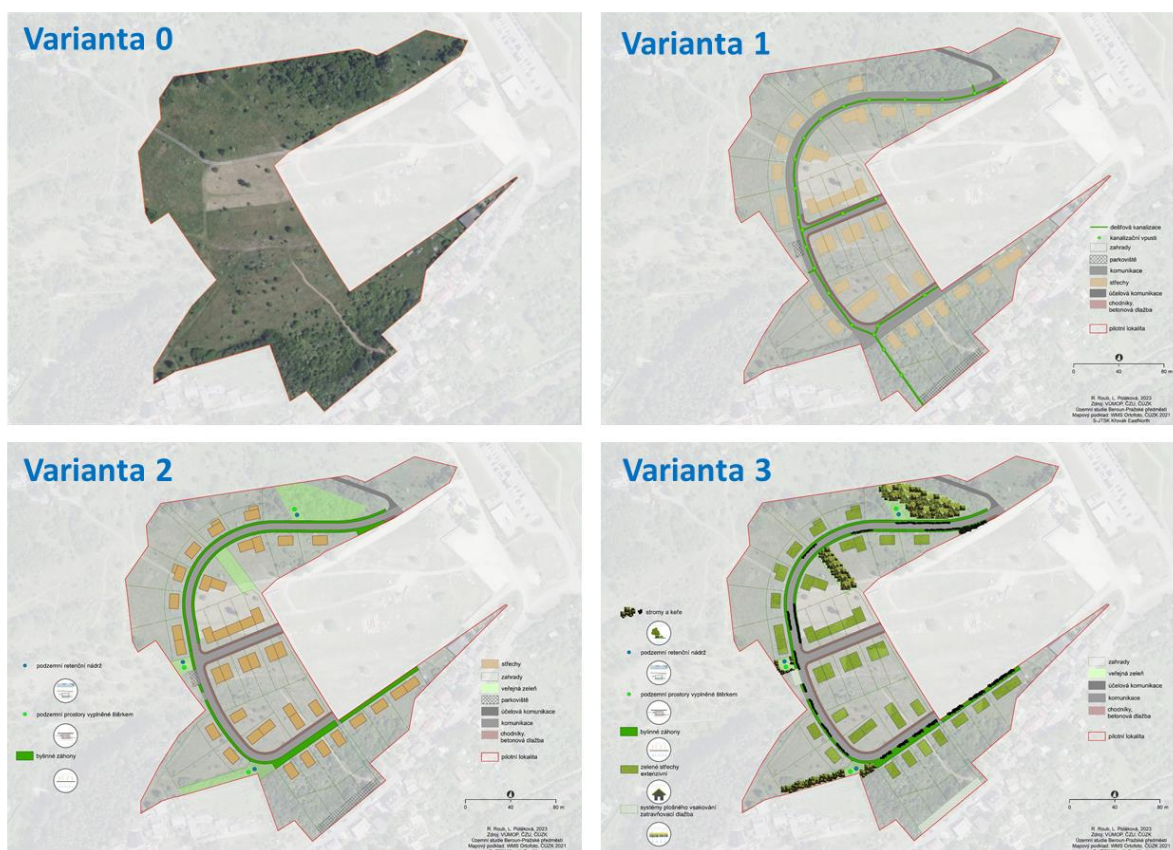
9.4.1 Popis pilotní lokality a variant návrhu

Rozvojová lokalita Beroun je v současné době nezastavěná zatravněná oblast se zvýšenou sklonitostí zejména po svém obvodu. Plánované funkční využití lokality je bydlení v rodinných domech nízkopodlažní zástavby (do 2,5 nadzemního podlaží). Individuální pozemky u rodinných domů jsou využity pro smíšené funkce parkování, osobní rekreace, produkce ovoce a zeleniny apod. Příjezdy k domům řeší uliční síť s komunitní funkcí, částečně zajišťujících funkci parkování. Areály individuálního bydlení mohou doplňovat menší veřejná prostranství s urbanistickou zelení, dětskými hřišti, místní občanskou vybaveností apod.

Pilotní lokalita má rozlohu 5.068 ha s průměrným sklonem přes 5 %.

Rozvoj lokality byl uvažován v následujících variantách (Obr. 9.7):

- Varianta 0 – Současné využití pozemku,
- Varianta 1 – Konvenční návrh odvodnění,
- Varianta 2 – Návrh opatření, která mají minimální požadavky a omezení pro investora,
- Varianta 3 – Ideální návrh HDV.



Obr. 9.7 Varianty využití území a návrhu HDV rozvojové lokality

Zdroj: vlastní zpracování

9.4.2 Výpočet nástrojem RWM

Postup práce s nástrojem RWM pro pilotní lokalitu s variantami navržených opatření bylo následující. Číslování v rámci postupu odpovídá číslování v rámci nástroje RWM:

1. Pro rozvojovou lokalitu byl vybrán **typ rozvojové plochy**. Možnosti výběru jsou:

- *Bytové domy*
- ***Rodinné domy***
- *Výroba a skladování*
- *Občanská vybavenost*
- *Rekreace a sport*
- *Vlastní*

Vzhledem ke znalosti typu rozvojové plochy byla zvolena možnost „Rodinné domy“.

2. Pro pilotní lokalitu bylo známo konkrétní předpokládané využití území, proto byly zadány následující hodnoty ploch pro jednotlivé kategorie (Tab. 9.4).

Tab. 9.4 Kategorie ploch podle územní studie lokality

Celková plocha (m²)	4 931
Průměrný sklon (%)	> 5
Plochy řešeného území (m²)	
Zpevněné plochy – střechy	4 351
Komunikace – zpevněné	7 067
Zeleň – smíšená, zahrady, uliční zeleň	37 892

Zdroj: vlastní zpracování

Všechny návrhové varianty (1, 2, 3) mají stejné zadání. Rozdíl mezi variantami je v návrhu prvků HDV, kdy navržené prvky nahradí stávající plochy, aby byla dodržena celková plocha řešeného území.

Návrhové úhrny srážek byly pro rozvojovou lokalitu převzaty ze srážkoměrné stanice Praha – Hostivař. Pro délku trvání deště $t = 15$ minut a pravděpodobnost výskytu $p = 0.2$ je srážkový úhrn 19.5 mm.

3. Po zadání předpokládaného využití území byl proveden výpočet, jaké množství srážkové vody bude nutné zpracovat, a zároveň je počítán maximální odtok. Tyto parametry následně slouží pro návrh parametrů plánovaných prvků HDV (Tab. 9.5, Obr. 9.8). Nejprve byly zadány změny ploch, v tomto případě se jednalo o změnu části zpevněné komunikace za vsakovací podélné prvky. Po jejich zadání byl znovu proveden výpočet, aby se zjistilo zbývající množství srážkové vody k likvidaci. Na tento objem se navrhly retenční nádrže s cílem, aby již nezbylo žádné množství srážkové vody, které by nebylo zpracováno systémem HDV.

Tab. 9.5 Vybrané prvky zlepšujících opatření jednotlivých variant řešení

Plánované prvky HDV (m ²)	Varianta návrhu rozvojové lokality		
	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Retenční nádrž (plocha, objem)		150 m ² 279 m ³	150 m ² 233 m ³
Vsakovací podélné prvky		2 177 m ²	1 757 m ²
Zelené střechy – extenzivní			4 351 m ²
Dešťový záhon			420 m ²
Výsadba stromů a keřů			715 m ²
Náhrada plochy			
Komunikace – zpevněné		ano	ano
Zeleň – smíšená, zahrada, uliční zeleň			ano

Zdroj: vlastní zpracování

Výsadbou stromů a keřů se rozumí intenzivní výsadba zahrnující i úpravu podloží (drenážní substrát, kořenový substrát, terénní práce, závlakovou mísu). Nejedná se o výsadbu extenzivní, proto nelze při

návrhu HDV počítat s rozsáhlou plochou parkových úprav apod., která by významně zvyšovala odhad investičních nákladů.

The screenshot displays the RWM software interface with five numbered sections:

- Typ rozvojové plochy:** Rodinné domy
- Předpokládané využití území:** A table with columns for area [m²], category, and slope [%].

Plocha [m²]	Kategorie	Sklon [%]
4351	Zpevněné plochy - střechy	> 5 %
7067	Komunikace - zpevněné	> 5 %
0	Zeleň - zapojené stromy	> 5 %
37892	Zeleň - smíšená, zahrady, uliční zeleň	> 5 %
0	Zeleň - trávníky	> 5 %
0	Vodní plochy	> 5 %
0	Komunikace - nezpevněné	> 5 %
- Plánované prvky HDV:** Checkboxes for various elements like 'Suchá (detenční) nádrž', 'Retenční nádrž', etc.

Prvek	Plocha [m²]	Retenční objem [m³]
Suchá (detenční) nádrž		
Retenční nádrž	150	248
Podzemní retenční nádrž		
Dešťový záhon	420	
Zelené střechy		
Extenzivní	4351	
Intenzivní		
- Náhrada plochy:** Checkboxes for replacement areas like 'Komunikace - zpevněné', 'Zeleň - zapojené stromy', etc.

Prvek	Plocha [m²]	Retenční objem [m³]
Komunikace - zpevněné		
Zeleň - zapojené stromy	1757	
Zeleň - smíšená, zahrady, uliční zeleň		
Zeleň - trávníky		
Vodní plochy		
Komunikace - nezpevněné		
- Výpočet:** Results for 'Výsledky bez HDV' and 'Výsledky po přidání HDV'.

Parametr	Bez HDV	Po přidání HDV
Maximální odtok dešťových vod - Q [m³/s]	0.351	0
Specifický odtok - q [l/s/ha]	71.1	0
Objem srážkové vody k likvidaci - V [m³]	315.462	0.000
Koeficient modrozelené infrastruktury (KMZI)	1.537	1.75%

Obr. 9.8 Ukázka zadání parametrů a hodnocení varianty 3 s využitím nástroje RWM

Zdroj: vlastní zpracování

9.4.3 Výpočet S-O modelem

Detailní výpočet srážko-odtokovým modelem byl proveden na stejných podkladech a přístupech. Výpočetní model pro verifikaci byl využit EPA SWMM (Rossman & Simon, 2022).

EPA Storm Water Management Model (SWMM) je dynamický model pro simulaci srážko-odtokových poměrů používaný k plánování, analýze a návrhům týkajících se dešťového odtoku, kanalizace a dalších odvodňovacích systémů v městských oblastech. Jedná se o simulační model používaný pro jednu událost nebo dlouhodobé simulace množství a kvality odtoku především z urbanizovaných území (Rossman & Simon, 2022).

Rozdíl oproti RWM je v komplexnosti modelu, který s sebou nese náročnější zpracování vstupů do modelu, jeho sestavení a návrh a optimalizace opatření. Všechny vstupy a výstupy jsou v podobě časových řad.

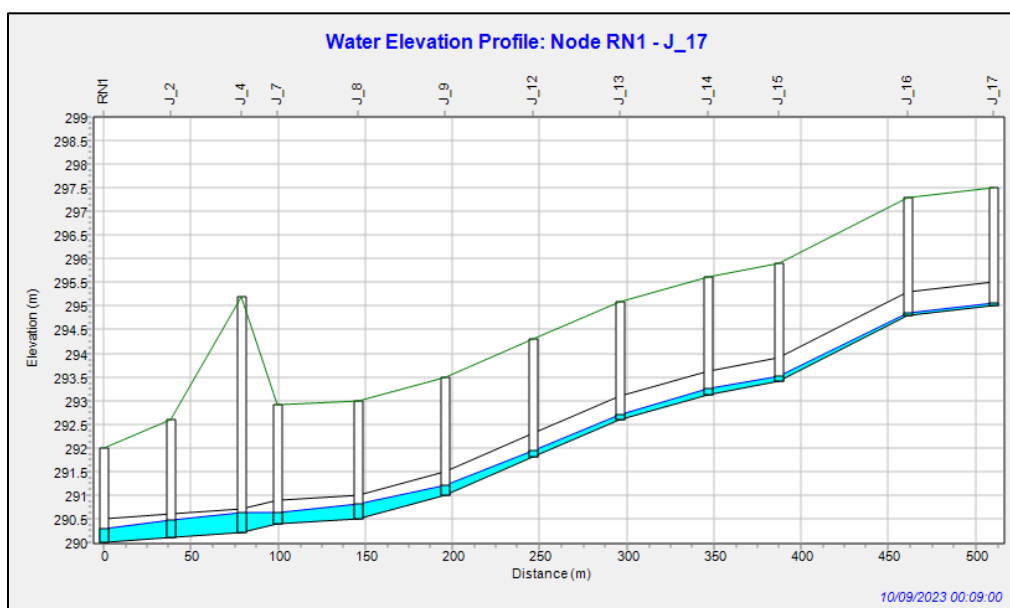
Geometrie řešeného území detailně byla schematizována subpovodími dle jednotlivých ploch, u kterých je specifikována kategorie využití území, plocha, součinitel odtoku a další. Jednotlivé odvodňované plochy musí být napojeny na systém odvodnění v podobě kanalizace, příkopů, kanálů a dalších prvků odvodnění. Proto je nutné mít již detailní návrh využití území a způsobů odvádění (Obr. 9.9).

Pro verifikaci byl simulační model, resp. odvodňované plochy, zatížen blokovým deštěm s délkou trvání 15 minut a srážkovým úhrnem 19.5 mm (Obr. 9.10).



Obr. 9.9 Schematizace pilotní lokality v rámci S-O modelu

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 9.10 Podélný profil kanalizace v rámci S-O modelu

Zdroj: vlastní zpracování

9.4.4 Vyhodnocení

Do nástroje RWM a S-O modelu byla schematizována rozvojová lokalita a byly vypočítány parametry odtoku z lokality pro řešené varianty. Tyto výsledky jsou shrnuty v Tab. 9.6. Návrh prvků HDV byl proveden tak, aby dokázal zadržet přesné množství vody určené k likvidaci bez HDV.

Tab. 9.6 Porovnání variant s využitím nástroje RWM a S-O modelu

	Varianta návrhu rozvojové lokality		
	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
RWM			
Maximální odtok dešťové vody (m ³ /s)	0,351	0,351	0,351
Objem srážkové vody likvidaci bez HDV (m ³)	315	315	315
Objem srážkové vody likvidaci s HDV (m ³)	-	0	0
Koeficient modro-zelené infrastruktury	1,537	1,605	1,796
Odhad průměrných nákladů (Kč)	-	4 598 125	22 654 926
S-O model			
Maximální odtok dešťové vody (m ³ /s)	0,351	0,301	0,247
Objem srážkové vody likvidaci bez HDV (m ³)	315	279	233
Objem srážkové vody likvidaci s HDV (m ³)	-	0	0

Zdroj: vlastní zpracování

Při porovnání výsledků z RWM a S-O modelu je vidět, že jsou výsledky obou hodnocení srovnatelné. Potvrzuje se, že RWM je efektivním nástrojem pro návrh prvků HDV pro rozvojové lokality. Efektivnost je dána jak jednoduchostí zadávání návrhového využití ploch, tak i jednoduchým návrhem opatření k likvidaci srážkových vod a odhadem investičních nákladů.

S-O modely mají samozřejmě své výhody spočívající v simulačním modelování (Obr. 6.11), které je důležité zejména pro rozsáhlejší lokality, kde délka trvání dotoku je delší než délka trvání deště, a pro opatření, která mají regulační charakter. Tyto výhody však pro rozvojové lokality nejsou významné, a proto lze pro rozvojové lokality efektivně využívat nástroj RWM.

Při použití RWM můžeme zároveň relativně hodnotit kvalitu řešení i z širšího než hydrologického pohledu, a to prostřednictvím koeficientu modro-zelené infrastruktury a orientačním výpočtem úrovně ekonomických nákladů. Nejnákladnějším opatřením HDV, které při variantě 3 několikanásobně zvyšuje náklady, jsou zelené střechy tvořící 2/3 celkových nákladů.

10 Shrnutí problematiky a doporučení pro implementaci výsledků

10.1 Hospodaření se srážkovou vodou jako součást adaptace měst na změnu klimatu

V důsledku probíhající klimatické změny jsou města hodnocena jako velmi zranitelné systémy (IPCC, 2022; Kabisch a kol. 2017; Wong & Brown, 2009). V závislosti na makroklimatické poloze a struktuře ploch urbanizované krajiny je jedním z projevů klimatických změn vznik městských tepelných ostrovů, což má negativní důsledky na termální komfort obyvatel města (Stewart & Oke, 2012). Městská krajina je ovšem v důsledku klimatických změn postižena také vyšší extremitou hydrologického režimu (Hoang & Fenner, 2016). Městské správy proto musí na jedné straně řešit problémy sucha spojené s nedostatkem podzemních vod a omezením přirozené vláhry pro městskou zeleň (Howe & Mitchell, 2012; Woods Ballard a kol., 2015). Na druhé straně je třeba zavádět opatření na zmírnění dopadů přívalových srážek, záplav na území měst a nárazového přetížení kapacit odvodňovacích systémů s negativními dopady na kvalitu vody ve vodních tocích (Howe & Mitchell, 2012; Wong & Brown, 2009). Uvedené problémy se již staly aktuální i pro města střední Evropy (Lehnert a kol., 2021b; Struha a kol. 2017).

Vývoj hospodaření s vodou ve městech v kontextu adaptace na změnu klimatu je směřován k vizím označovaným jako *města citlivá k vodě* (*water sensitive cities*) (Howe & Mitchell, 2012; Wong & Brown, 2009). Podle současných koncepcí aplikovaných ve městech se podporuje efektivní využití dešťové vody a posilují se amenitní funkce vody (rekreační, sociální, estetické, kulturní) ve vzájemné synergii (Dahlenburg & Morison, 2009; Wong a kol., 2020). Protože zásadní součástí měst citlivě hospodařících s vodou musí být uvědomění obyvatelé a vodohospodářsky odpovědné podniky, mluví někteří autoři o postupném vzniku *udržitelných komunit orientovaných na vodu, resp. citlivých k vodě* (*water centric sustainable communities, water sensitive citizenship*) (Novotny a kol., 2010).

Také v Česku se hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaných územích dostává významné pozornosti, a to jak na úrovni veřejné správy či odborné komunity, tak na úrovni obyvatel měst a obcí. Základní hybnou silou aktuálních trendů v hospodaření se srážkovou vodou je probíhající klimatická změna, která se v našich městech projevuje zvyšováním extremity hydrologických podmínek – výskytem vážnějšího nedostatku vody při epizodách sucha a rostoucím rizikem přívalových srážek, povodní. V kombinaci s vývojem vodohospodářské infrastruktury, současným stavem nakládání se srážkovými vodami v městech, nedostatečným zastoupením vhodných přírodních prvků modrozelené infrastruktury je třeba relativně rychle a efektivně reagovat.

Trendy vývoje péče o vodu ve městech jsou ovlivněny celkovým společensko-ekonomickým vývojem Česka. Praxe hospodaření se srážkovou vodou se v našich podmínkách musí postupně vyrovnávat s dědictvím minulosti, kterým jsou např. centralizované systémy odvodnění měst, podceňování a nízké povědomí o problematice, konzervativní přístupy k rozvoji infrastruktury, nedostatek odborných znalostí a zkušeností nebo rozsáhlé výjimky ve zpoplatnění srážkových vod odváděných do centrální kanalizace (Stránský & Kabelková, 2015). Situace v oblasti hospodaření se srážkovými vodami se postupně mění pod vlivem nových metodik, zvýšeného zájmu komunální politiky, finanční podpory projektů apod. Přesto stále existuje celá řada problémů a otázek, které je třeba řešit, aby docházelo k systematickému a plánovitému rozvoji urbanizovaných oblastí podle nových přístupů k hospodaření se srážkovými vodami.

Podle strategického materiálu v oblasti hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích (CzWA, 2019) a požadavků Národního akčního plánu adaptace na změnu klimatu, patří mezi prioritní

potřeby vytvářet metodickou podporu na zapojení požadavků HDV do územně plánovací dokumentace a na implementaci této problematiky do procesu rozvoje měst.

10.2 Zásady návrhu hospodaření se srážkovou vodou

Urbanizovaná území se vyznačují vysokým podílem nepropustných ploch (např. komunikace, střechy budov, parkovací plochy atd.), který v centrech městských aglomerací často přesahuje 70 %. Dešťová voda dopadající na povrch povodí se nemůže přirozeně vsakovat do podzemních vod a je většinou z povrchu přímo odváděna kanalizačním systémem. Rovněž míra evapotranspirace je oproti přirozeným podmínkám nižší (Howe & Mitchell, 2012).

Cílem hospodaření se srážkovou vodou (HDV) je zajistit obnovení přírodě blízkého vodního režimu ve stávající zástavbě a snaha o uplatnění přirozeného režimu při plánování nové zástavby. Mezi hlavní cíle patří ochrana urbanizovaného území před záplavami při přívalových srážkách, prevence sucha a ochrana vodních zdrojů, ochrana jakosti vody, hydromorfologie a zachování vodních ekosystémů (Stránský a kol., 2021a).

Preferovaným způsobem HDV je decentralizovaný způsob odvodnění, tedy zpracování srážek v místě vzniku a jejich následné navrácení do přirozeného oběhu vody. Přírodě blízká opatření by měla podporovat výpar, infiltraci do půdy, případně a rovnoměrnější povrchový odtok. Mezi preferovaná opatření patří systémy umožňují akumulaci a užívání srážkové vody, či působící zadržováním a regulováním odtoku srážek do vodního toku nebo stokové sítě (WEF, 2014; Vítek a kol., 2018).

Při vsakování vod je však také nutné řešit znečištění srážkových vod, a to oddělováním mírně znečištěných a silně znečištěných srážkových vod, jelikož je potřeba chránit povrchové i podzemní vody a půdní horizonty. Silně znečištěné srážkové vody je pak nutné speciálně čistit (Stránský a kol., 2008). Zvláště důležité je zachycení "prvního splachu" kontaminantů, tedy látek, které jsou během bezdeštného období deponovány na povrchu z různých zdrojů a aktivit (atmosférické depozice, doprava, skladování látek, aplikace chemických přípravků atd.). Srážky a odtok z povrchu následně smyjí většinu těchto látek, což vede k většímu počátečnímu znečištění odtékající vody (Anglian Water Services Ltd., 2011). Míra znečištění v povrchovém odtoku závisí na řadě faktorů, zejména na typu území (průmyslové a urbanizované oblasti mají většinou více znečištěný povrchový odtok), délce bezdeštného období (doba akumulace znečištění na povrchu) a době trvání a intenzitě dešťové srážky. V případě jednotné stokové sítě hraje roli i vyplavení sedimentů usazených ve stoce během bezdeštného období a míšení srážkové vody s vodou splaškovou (Woods Ballard a kol., 2015). Předčištění srážkových vod podle charakteru odvodňované plochy a podle cílového recipientu je důležité např. z důvodu ochrany vodních ekosystémů, půdních horizontů nebo podzemních vod (Anglian Water Services Ltd., 2011).

Při zástavbě na rozvojových plochách se naskýtá velká příležitost hospodařit s dešťovou vodou lépe, než tomu bylo doposud s využitím konvenčních systémů odvodnění. Je ovšem velmi důležité již během přípravy a procesu plánování přesně definovat principy a opatření hospodaření s dešťovou vodou. Proces návrhu odvodnění území přírodě blízkým způsobem se stává součástí celého projektu (Sýkorová a kol., 2021). Je více než vhodné, aby se na HDV nahlíželo ze všech směrů jako je urbanistický, architektonický a technický návrh předmětného území či stavby. Již od počátku je nutná koordinace zejména urbanisty, architekta, krajinářského architekta a vodohospodáře, případně též dalších dotčených profesí (dopravní inženýr, městský inženýr atd.). Důraz by měl být kladen na návrh

krajinářských úprav s vodohospodářským řešením podle principů a zásad systémů HDV (Stránský a kol., 2021a). Důležitým aspektem je též otázka realizačních a provozních nákladů.

Hospodaření se srážkovou vodou zahrnuje široké spektrum opatření. Systém HDV je tvořen jedním nebo více technickými či přírodě blízkými opatřeními, která se realizují v různých úrovních preference podle lokalizace a rozsahu řešeného území. HDV opatření jsou často kombinována tak, aby bylo dosaženo požadovaného efektu v celém systému (Anglian Water Services Ltd., 2011). Výsledkem je individuální řešení, tj. řešení přizpůsobené místně specifickým podmínkám. Principy HDV nejlépe naplňují objekty decentralizovaného systému odvodnění. Kromě funkčnosti je jejich výhodou to, že jako součást modro-zelené infrastruktury přispívají ke kvalitě života ve městech (Vítek a kol., 2018; Sýkorová a kol., 2021).

V rámci koncepční fáze projektu je hlavním úkolem projektantů připravit návrh systému HDV tak, aby byla koncepce v souladu s požadavky vymezenými plánovací dokumentací, strategickými dokumenty, oborovými generely a standardy, platnou legislativou a technickými normami. Je nutné včas koordinovat návrh přírodě blízkého způsobu odvodnění a implementace HDV s celým projektem. To totiž poskytuje projektantům možnost vymyslet systém, který bude odpovídat místním podmínkám a charakteru zástavby (Sýkorová a kol., 2021). Včasnou integrací systému HDV do řešeného prostoru lze posílit multifunkční význam opatření, například zlepšit klimatickou odolnost a biologickou rozmanitost, snížit nároky na stávající odvodňovací systém (stokovou síť, povrchové vody), efektivně využít veřejný prostor (posílit rekreační a vzdělávací funkce) a také podpořit přirozené začlenění vegetace a vody do veřejného prostoru (Woods Ballard a kol., 2015).

Mezi výchozí koncepční dokumenty pro přípravu projektu patří např. územně plánovací podklady – ÚPP, politika územního rozvoje – PÚR, územně plánovací dokumentace – ÚPD, platná legislativa a technické normy. Na státní úrovni dosud bohužel nevznikl metodický pokyn, který by poskytl návod, jak provázat přírodě blízký způsob odvodnění s územními plány měst (Vítek a kol., 2018). Problematiku řeší oborové generely jako je například generel odvodnění, koncepce odtokových poměrů, generel modro-zelené infrastruktury, nebo plán odvádění extrémních srážek.

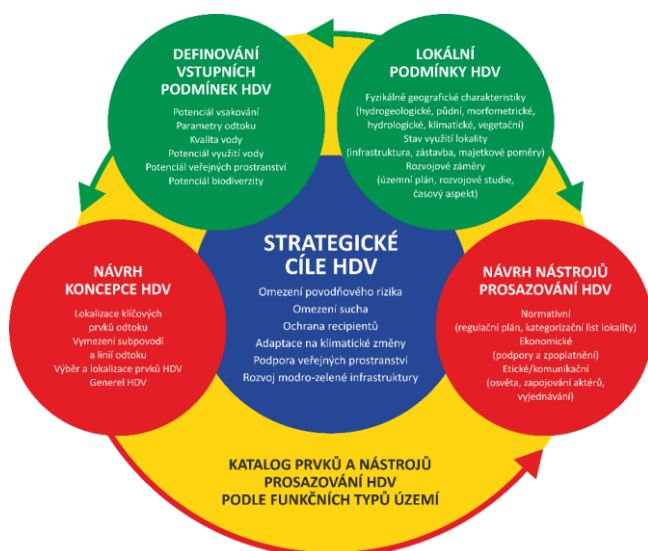
Na řešeném území by měla nejprve proběhnout analýza lokálních podmínek a následně pak teprve vlastní návrh koncepce odvodnění. V rámci této analýzy je zjištěn potenciál a stanoveny případné limity území pro aplikaci systému HDV. Tato fáze je velmi důležitá a zásadně ovlivňuje podobu výsledného řešení HDV v dotčeném území. Mezi jednotlivé průzkumy území patří např. hydrogeologický průzkum se vsakovací zkouškou, analýza hydrologického režimu, rozbor technické a dopravní infrastruktury, posouzení majetkoprávních vztahů atd. (Stránský a kol., 2021a).

Mezi základní priority HDV patří minimalizace srážkového odtoku u zdroje, tedy měly by být co nejvíce minimalizovány nepropustné povrchy, zavedeny propustné povrchy s vegetačním krytem a využito vhodného množství keřů a stromů (Woods Ballard a kol., 2015). Zpevněné povrchy by měly být primárně navrhovány jako propustné povrchy s vegetací a střechy by měly být navrhovány jako vegetační, aby naplňovaly funkci klimatickou. U srážek, které budou odváděny, je upřednostňována akumulace srážek pro další využití, dále pak odvádění srážkového odtoku k vegetačním prvkům nebo vsakování srážkového odtoku do půdního a horninového prostředí. Poté mohou být srážky zadrženy a následně regulovaně odváděny do povrchových vod, v poslední řadě mohou být srážky zadrženy a regulovaně odváděny do jednotné kanalizace. Priority musí být posouzeny v daném pořadí, a to na základě přípustnosti a proveditelnosti (Stránský a kol., 2021a).

10.3 Implementace výsledků na úrovni rozvojových ploch

Klimatická změna přináší významné vlivy na odtokových proces – zvyšuje v důsledku riziko sucha i extrémních srážek. Pro získání odhadů možných změn srážek v regionálním nebo lokálním měřítku jsou používány regionální klimatické modely. Z výsledků klimatických studií vyplývá nejistota v plánování HDV s ohledem na možné scénáře vývoje dopadů změny klimatu. Je třeba přistupovat k aktualizaci návrhových hodnot extremity srážek s ohledem na fakt, že se v normách uváděné hodnoty promítají do návrhu řešení HDV pro výstavbu areálů potenciálně sloužících i ve druhé polovině 21. století. Pro posouzení návrhů systému HDV při větším rozsahu území a složitější struktuře pozemků je vhodné uplatnit srážko-odtokové modely, které dokáží simulovat srážko-odtokové procesy i navazující odtok a podmínky pro nakládání se srážkovou vodou.

V rámci výstupů projektu byl představen postup návrhu systému HDV na rozvojových plochách (Obr. 10.1). Doporučený postup je podpořen vyvinutou softwarovou aplikací RainWaterManager (RWM), která je spolu s manuálem dostupná na webové stránce <https://www.fzp.czu.cz/rwm>. Softwarová aplikace založená na principech multikriteriální analýzy pomáhá s výběrem vhodných nástrojů prosazování HDV. Nástroje prosazování přitom může veřejná správa uplatnit nejen při přípravě rozvojového záměru, ale také při realizaci a provozu systému HDV. Softwarovou aplikaci RainWaterManager (RWM) doplňují další výsledky projektu pro praxi – *Katalog opatření efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území* (Kopp a kol., 2022a) (též samostatně dostupný na <https://www.fzp.czu.cz/rwm>) a specializované mapy rozvojových ploch pilotních měst.



Obr 10.1 Postup tvorby návrhu HDV rozvojových lokalit

Zdroj: vlastní zpracování, inspirace metodikou SuDS (Woods-Ballard a kol., 2015)

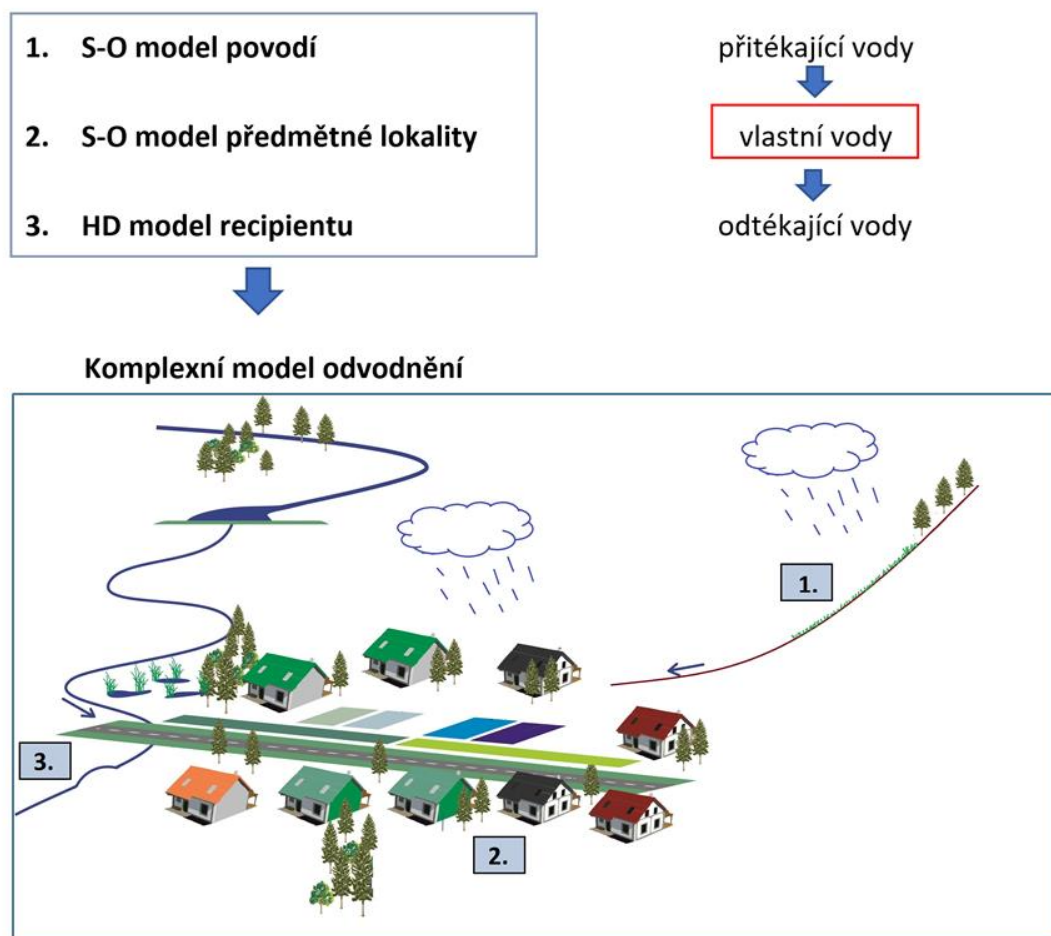
Pro vybrané rozvojové lokality byly typově řešeny 3 varianty nakládání se srážkovými vodami, resp. využití prvků HDV. Prvky HDV byly voleny dle navrhovaného využití rozvojové lokality. Pro každý typ rozvojové plochy jsou typické a vhodné jiné prvky HDV. Pro posouzení variant řešení je v případě větších areálů, komplikovanější struktury ploch nebo většího počtu prvků HDV vhodné uplatnit srážko-odtokové modely, které dokáží simulovat srážko-odtokové procesy i navazující odtok a nakládání se

srážkovou vodou. Řešené lokality nebo navržené prvky HDV mohou být různého charakteru, rozsahu a složitosti. Proto jsou diskutovány různé přístupy k řešení od jednoduchých výpočtů po komplexní řešení odvodnění širších území. Obecný přehled srážko-odtokových modelů s příklady použití může pomoci veřejné správě v rozhodování, jakou úroveň podrobnosti a náročnosti výpočtů požadovat při zpracování návrhů či posuzování variant externím dodavatelem.

Klimatická změna přináší významné vlivy na odtokových proces – zvyšuje riziko sucha i extrémních srážek. Z výsledků klimatických studií vyplývá nejistota v plánování HDV s ohledem na možné scénáře vývoje dopadů změny klimatu. Tyto nejistoty ve vstupních parametrech je třeba zohlednit při použití hydrologických modelů.

10.4 Příklady použití srážko-odtokových modelů

Pro detailní návrh prvků HDV je vhodné uplatnit srážko-odtokové modely, které dokáží simulovat srážko-odtokové procesy i navazující odtok a nakládání se srážkovou vodou. Řešené lokality i navržené prvky HDV mohou být různého charakteru, rozsahu a složitosti. Proto existují různé přístupy k řešení od jednoduchých výpočtů po komplexní řešení odvodnění širších území. Praktické využití simulačních modelů lze rozdělit do základních tří kategorií, resp. rozsahu komplexnosti (Obr. 10.2).



Obr. 10.2 Schéma oblastí řešení simulačními modely

Zdroj: vlastní zpracování

Každý z výše uvedených modelů se detailně zaměřuje na jinou problematiku odvodnění, a proto je možné využít při detailním řešení konkrétních lokalit pouze některý z uvedených modelů příp. využít kombinaci všech a simulovat komplexní odvodnění.

Pro rozsáhlé lokality se složitějším řešením HDV, kde může hrát významnou roli časový průběh, souběhy přítoků z různých lokalit a zdrojů a návaznosti dalšího nakládání s odtékající vodou mohou být vhodnou volbou komplexní modely, které dokáží simulovat spřažené modely kombinující srážko-odtokové procesy, proudění po povrchu, proudění kanalizací a proudění ve vodních tocích.

Z hlediska návrhu HDV pro rozvojové plochy je však nejdůležitější řešení vlastních vod, tj. srážkové vody na předmětné lokalitě.

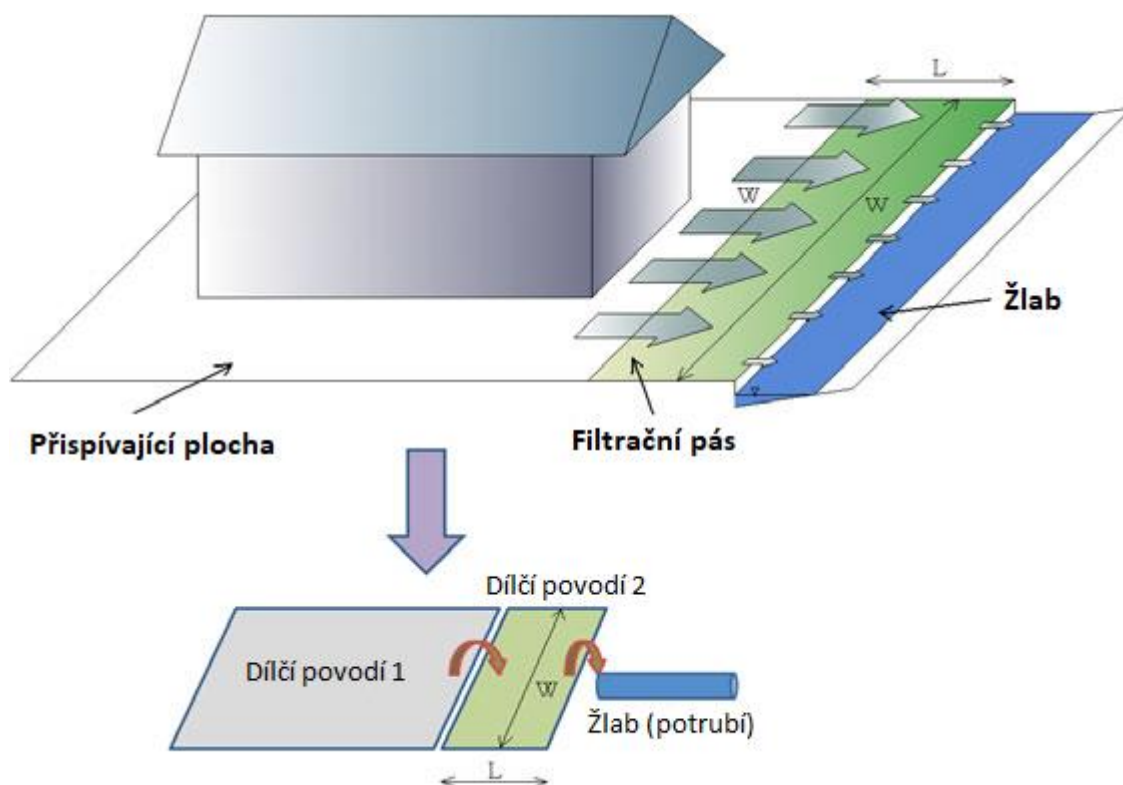
S-O model povodí mají využití zejména v rozvojových lokalitách, u kterých je riziko ohrožení povrchovým odtokem z povodí. Často může být povrchový odtok doprovázen erozí, jak je ilustrováno na následujících obrázcích (Obr. 10.3). Při vstupu zvýšeného množství povrchového přítoku do intravilánu zástavby, jejíž způsob odvodnění (kanalizace, příkopy apod.) není dostatečně kapacitní, vzniká povodňové ohrožení. Na základě znalosti povrchového přítoku (kulminační průtok, objem, hydrogram) lze navrhnout prvky HDV, které tyto vody odvedou, retenují, retardují či zasáknou a ochrání stávající příp. rozvojovou lokalitu.



Obr. 10.3 Příklad lokality vhodné pro návrh opatření na podkladu S-O modelu povodí (foto vpravo – následek povrchového přítoku s erozí z povodí)

Zdroj: foto autoři

S-O model předmětné lokality se využívá k plánování, analýzám a návrhům týkajících se odtoku srážkových vod, kanalizace a dalších odvodňovacích systémů v městských oblastech. Jedná se o simulační modely s využitím modelování jedné srážkové události nebo dlouhodobé simulace. V rámci řešené lokality lze detailně řešit odvodňované plochy, návaznost odvodňovaných ploch na sebe a na odvodňovací systém a návrh a posouzení prvků HDV (Obr. 10.4). Simulační modely umožňují plánovat a posuzovat opatření modro-zelené infrastruktury, též v rámci koncepce LID (LID – Low Impact Development).



Obr. 10.4 Schematická reprezentace přispívající plochy na filtrační pás při detailním řešení

Zdroj: SWMM, 2022

Hydrodynamické modely recipientu mohou sloužit pro posouzení kapacity recipientu s ohledem na možnosti zaústí srážkových vod, aby nedocházelo jejich vlivem ke zhoršení odtokových poměrů. Případně lze simulovat proudění vodoteče nebo suchého koridoru v předmětné lokalitě, které slouží k povrchovému odvodnění řešené lokality, k retenci či retardaci odtoku.

Komplexní řešení srážko-odtokových procesů s návrhem opatření je vhodné využít při simulacích přívalových dešťů, kde klasické jednorozměrné (1D) simulační modely nemohou postihnout celý komplikovaný srážko-odtokový proces, a při kterém dochází k výronu vod na povrch povodí, k transportu vod po tomto povodí a k případnému nátoků těchto vod zpět do kanalizace v jiných místech stokové sítě.

10.5 Zavádění systémů HDV na úrovni města

Z výsledků strukturovaných rozhovorů vyplynulo, že nejvýznamnější problémy zavádění HDV souvisejí s ekonomickými otázkami a vlastnickými poměry. Významným směrem, který může napomoci k ekonomické optimalizaci variant, je snaha o hodnocení ekosystémových služeb (Macháč a kol., 2019, Macháč a kol., 2023). To umožňuje v rámci metodických možností provádět analýzu nákladů a výnosů (CBA) se zahrnutím celospolečenských přínosů opatření, která jsou převážně v neekonomické rovině.

S problémem fragmentace přístupů k HDV také souvisí deficit v plánování rozvoje urbanizovaných území. Strukturované rozhovory provedené v rámci našeho výzkumu ukázaly, že v praxi chybí promyšlení návaznosti etap rozvoje tak, aby HDV tvořilo v území funkční systém. Města by tedy měla postupovat podle vlastních oborových generelů, jako jsou například generel odvodnění, koncepce

odtokových poměrů, generel modro-zelené infrastruktury nebo plán odvádění extrémních srážek (Stránský a kol., 2021b). V případě malých měst a obcí by mělo minimálně docházet alespoň ke koordinaci přístupu k rozvojovým plochám územního plánu z hlediska podmínek pro HDV.

Komplexní přehled možností prosazování HDV z pozice veřejné správy byl představen v kapitole 6. Nástroje prosazování mohou být zaměřeny na různé kategorie motivací k rozvoji HDV. Přehled je rozdělený na kategorie nástrojů: (1) normativní, (2) koncepční, (3) koordinační a organizační, (4) ekonomické a (5) dobrovolné a etické. Z přehledu vyplývá, že řešení systémů HDV je otázkou interdisciplinárního přístupu, na kterém se podílí řada odborností, například z oblasti urbanismu, vodního hospodářství, ekologie, krajinného inženýrství, ekonomie, geografie, sociologie, environmentální psychologie, managementu nebo práva. Nástroje obecně nejvíce působí ve fázi plánování záměru (Kopp a kol., 2022c). Na národní úrovni jsou významné ekonomické nástroje, zatímco na městské a obecní úrovni jsou nejvýznamnější koncepční nástroje nebo podpora dobrovolných a etických nástrojů. Sestavené portfolio ukazuje, že existují další možné nástroje prosazování HDV, které jsou zatím v naší praxi používané spíše okrajově, např. funkce koordinátora HDV, zelené bankovní produkty, projekty PPP (Public-Private Partnerships) nebo environmentální marketing a certifikace. Od roku 2022 je novým nástrojem environmentálního marketingu firem možnost získat certifikaci *Odpovědné hospodaření s vodou*. Firmy jsou hodnoceny MŽP podle kritérií, jako jsou například trendy ve spotřebě vody, využívání srážkových vod, recyklace technologické vody aj.

Veřejné správě poslouží RWM například ke stanovení regulativů rozvoje nebo k posouzení koncepcí rozvoje lokalit z hlediska HDV. Software RWM umožňuje posoudit vhodnost variant řešení na základě vybraných environmentálních parametrů návrhu HDV na rozvojových plochách. Kromě charakteristik odtoku se jedná o koeficient modro-zelené infrastruktury. Pro potřeby integrace hodnocení zeleně a systému prvků HDV předkládá publikace pro českou praxi koeficient modro-zelené infrastruktury, který vznikl testováním a adaptací hodnotícího přístupu podle indexu Helsinkí Green Factor. Kromě tabulárních hodnot navrženého koeficientu modro-zelené infrastruktury byly navrženy doporučené úrovně hodnot pro jednotlivé typy zástavby.

Metodickou podporu rozvoji HDV zakládáme na typologii urbanizovaných ploch. Rozbor typologie rozvojových ploch a odvození jejich environmentálních parametrů proto představuje tato zpráva v kapitole 4. Snaha o kategorizaci rozvojových ploch podle potenciálu pro efektivní hospodaření se srážkovou vodou přináší podporu plánovacího procesu ve vazbě na výběr vhodných nástrojů veřejné správy. Jednotlivé typy rozvojových ploch se liší majetkovým a správním zapojením měst a obcí do systému HDV, což také diferencuje výběr vhodných nástrojů prosazování. Předložená typologie potenciálu HDV podle využití území zohledňuje vybrané funkční typy území, zvolené s ohledem na praxi diskutovanou se zástupci pilotních menších měst v rámci projektu.

Kromě řady dalších představených nástrojů je možné specifikovat regulační podmínky na základě použitých environmentálních parametrů území. Na úrovni města mohou využít tyto parametry například městské standardy, případně příslušné části územního plánu nebo mohou být součástí regulačních podmínek jednotlivých lokalit. Environmentální parametry mohou také plnit funkci podmínky pro ekonomickou podporu, být součástí ekolabelingu či zeleného marketingu areálů budov nebo sloužit k definování cílů strategie rozvoje území. Lze vést diskusi, zda podle typu území také nediferencovat podmínku maximálního specifického odtoku. V praxi se zatím většinou definuje

jednotně pro celé území města, hodnoty se však mezi jednotlivými standardy měst různě liší od normou doporučené hodnoty $3 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$.

Použití environmentálních parametrů, jako je koeficient zeleně, Biotope Area Factor, koeficient modrozelené infrastruktury, či dalších podobných používaných v zahraničí (Szulcowska a kol., 2014; Peroni a kol., 2020; Juhola, 2018), je problematizováno nutným kompromisem mezi odbornou dokonalostí složitých konstrukcí indexů a nekomplikovaným použitím pro plánovací a stavební praxi.

Implementace HDV do rozvoje měst vyžaduje další prohlubování meziresortní spolupráce jak na úrovni ministerstev, tak na úrovni správy měst a regionů. Adaptační opatření a rozvoj HDV mohou být podporovány vícezdrojovým financováním. Integrovaný přístup je nutný také na horizontální úrovni v rámci území města, přičemž je základní plánovací jednotkou povodí, resp. mikropovodí. V urbanizovaných územích může být případně za jednotku mikropovodí považovaná plocha areálu odvodňovaného příslušnou větví dešťové kanalizace apod. Z hlediska omezení vlivu znečištění z odlehčovacích komor potom může být pro efektivní lokalizaci opatření HDV za základní jednotku považováno území odvodňované jednotnou kanalizací k příslušné odlehčovací komoře.

Plánování a volba správného řešení by měly vycházet z místních specifik. Do plánovacího procesu na lokální úrovni proto vstupují nejen národní a regionální zájmy či koncepce, ale také přesná znalost místních podmínek. Zkušenosti získané při řešení projektu například ukázaly, že je třeba pro plánování HDV zpřesňovat znalost vsakovacích podmínek na úrovni města. Vymezená povodí však zpravidla přesahují hranice katastru obcí. Pro integrovaný management povodí je proto potřebná též meziobecní spolupráce v oblasti hospodaření s vodou.

Posouzení efektivity opatření HDV by mělo zahrnovat úplné chápání nákladů (např. zahrnující správu a údržbu infrastruktury). K tomu přistupuje požadavek na správné posouzení efektivity přínosů, zejména v oblasti ekosystémových služeb s důrazem na společenský dopad (Obr. 7.1). Implementace problematiky hodnocení ekosystémových služeb do praxe je jednou z cest, jak tento požadavek naplňovat.

Prezentované výsledky výzkumu by měly napomoci veřejné správě k integraci požadavků na efektivní hospodaření se srážkovou vodou do procesu plánování nových rozvojových ploch měst. Včasné zapojování veřejné správy do plánování, motivace a kontroly systémů HDV na rozvojových lokalitách přinese kvalitní koncepční řešení. Je vhodné podporovat taková řešení HDV, která budou nejen splňovat požadavky norem, ale především naplňovat představy a potřeby budoucích uživatelů a obyvatel města. Řešení by měla být ekonomicky efektivní ve fázích realizace i provozu se zohledněním celospolečenských benefitů, jako jsou například kvalitní veřejná prostranství nebo ochrana vodních zdrojů před znečištěním z odlehčovacích komor jednotné kanalizace.

10.6 Plánované využití výsledků projektu

V rámci implementace výsledků budou uzavírány smlouvy o využití výsledků s jednotlivými subjekty veřejné správy podle příslušnosti výsledků. Vzhledem k deklarovanému nekomerčnímu zaměření výsledků budou tyto výsledky poskytovány bezplatně. Klíčové výstupy projektu jsou volně dostupné v digitálních úložištích institucí konsorcia řešitelů. V roce 2024 a následujícím období se předpokládá další šíření osvěty a seznamování zejména odborné veřejnosti s výsledky, a to zejména během účasti na seminářích a konferencích. Zároveň bude zajišťována zpětná vazba na využití aplikovaných výsledků v praxi a poskytována metodická pomoc s využitím výsledků (např. softwarové aplikace RWM). Další

využití výsledků se předpokládá v oblasti vzdělávání. Během řešení byl potvrzen požadavek praxe na další vzdělávání v oblasti problematiky HDV. Univerzitní pracoviště ZČU a ČZU proto předpokládají posílení této problematiky ve vzdělávání studentů oborů jako je geografie, ekonomie, hydrologie a životní prostředí, případně v oblasti vzdělávání veřejné správy. Velmi vhodnou oporu v tomto směru bude poskytovat vyvinutý software RWM. Výsledky výzkumu se také stanou dalším podkladem pro následný rozvoj výzkumu problematiky v dalším období (např. v oblasti environmentální parametrizace území – stanovení regulativů, spolupráce veřejné a soukromé sféry či implementace oceňování ekosystémových služeb do praxe).

Přehled výsledků projektu

Hlavní výsledky a publikace projektu

Bureš, L., Roub, R., Hejduk, T., Kopp, J., Urban, F. (2023). *RainWaterManager (RWM)* [software]. Česká zemědělská univerzita v Praze. <https://www.fzp.czu.cz/rwm>.

Kopp, J., Hejduková, P., Ježek, J., Kureková, L., Vogt, D., Roub, R., Bureš, L., Burket, J., Poláková, L., Hejduk, T., Marval, Š., Zajíček, A., Novák, P., Urban, F., Krupička, J., Zrostlík, Š., & Kesely, M. (2022). *Katalog opatření efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území*. ZČU v Plzni, ČZU v Praze, VÚMOP, VRV.

Kopp, J., Hejduková, P., Ježek, J., Kureková, L., Vogt, D., Roub, R., Bureš, L., Burket, J., Poláková, L., Hejduk, T., Marval, Š., Zajíček, A., Novák, P., Urban, F., Klimánková, P., Krupička, J., Zrostlík, Š., & Kesely, M. (2023). *Interdisciplinární přístupy efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území*. Západočeská univerzita v Plzni. 123 s. ISBN 978-80-261-1200-6 (online, PDF), ISBN 978-80-261-1199-3 (brožovaná vazba). <https://doi.org/10.24132/ZCU.2023.12006>

Kopp, J., Vogt, D., Hejduk, T., Roub, R., & Urban, F. (2022). Potenciál rozvojových ploch pro efektivní hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaných územích. *Urbanismus a územní rozvoj*, 25(5), 30–39

Kopp, J., Vogt, D., Ježek, J., Marval, Š., Hejduk, T., & Roub, R. (2021). Možnosti efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území. *Regionální rozvoj mezi teorií a praxí*, 2021(4), 1–15.

Bureš, L., Roub, R., Hejduk, T., Kopp, J., & Urban, F. (2023). Vývoj softwarového nástroje RainWaterManager. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 66(1). DOI 10.46555/VTEI.2023.11.001

Kopp, J., Vogt, D., Roub, R., Urban, F., Poláková, L., Hejduková, P., Bureš, L., Hejduk, T., Kureková, L., Ježek, J. a kol. (2023). *Návrh efektivního hospodaření se srážkovou vodou pro pilotní rozvojovou plochu bydlení v bytových domech – Tachov* [specializovaná mapa s odborným obsahem], počet stran 54, ISBN: 978-80-88323-96-9 (tištěná) 978-80-88323-97-6 (PDF).

Kopp, J., Vogt, D., Roub, R., Urban, F., Poláková, L., Hejduková, P., Bureš, L., Hejduk, T., Kureková, L., Ježek, J. a kol. (2023). *Návrh efektivního hospodaření se srážkovou vodou pro pilotní rozvojovou plochu bydlení v rodinných domech – Beroun* [specializovaná mapa s odborným obsahem], počet stran 53, ISBN: 978-80-88323-88-4 (tištěná) 978-80-88323-89-1 (PDF).

Kopp, J., Vogt, D., Roub, R., Urban, F., Poláková, L., Hejduková, P., Bureš, L., Hejduk, T., Kureková, L., Ježek, J. a kol. (2023). *Návrh efektivního hospodaření se srážkovou vodou pro pilotní rozvojovou plochu výroby a skladování – Drásov* [specializovaná mapa s odborným obsahem], počet stran 54, ISBN: 978-80-88323-92-1 (tištěná) 978-80-88323-93-8 (PDF).

Kopp, J., Vogt, D., Roub, R., Urban, F., Poláková, L., Hejduková, P., Bureš, L., Hejduk, T., Kureková, L., Ježek, J. a kol. (2023). *Návrh efektivního hospodaření se srážkovou vodou pro pilotní rozvojovou plochu občanského vybavení – komerční – Milevsko* [specializovaná mapa s odborným obsahem], počet stran 55, ISBN: 978-80-88323-94-5 (tištěná) 978-80-88323-95-2 (PDF).

Kopp, J., Vogt, D., Roub, R., Urban, F., Poláková, L., Hejduková, P., Bureš, L., Hejduk, T., Kureková, L., Ježek, J. a kol. (2023). *Návrh efektivního hospodaření se srážkovou vodou pro pilotní rozvojovou plochu plochu rekreace – parková – Čelákovice* [specializovaná mapa s odborným obsahem] počet stran 57, ISBN 978-80-88323-90-7 (tištěná) a 978-80-88323-91-4 (PDF).

Další výstupy a publikace projektu

Kopp, J., & Marval, Š. (2021). Využití srážkových vod na veřejných prostranstvích. *Geografické rozhledy*, 30(4). 34–37.

Kopp, J., Frajer, J., Novotná, M., Preis, J., Dolejš, M. (2021). Comparison of Ecohydrological and Climatological Zoning of the Cities: Case Study of the City of Pilsen. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(5), 1–21. <https://doi.org/10.3390/ijgi10050350>

Kopp, J., Frajer, J., Lehnert, M., Kohout, M., Ježek, J. (2021). Integrating Concepts of Blue-green Infrastructure to Support Multidisciplinary Planning of Sustainable Cities. *Problemy Ekorozwoju*, 16(2), 137–146. <https://doi.org/10.35784/pe.2021.2.14>

Kopp, J., Hejduk, T., Marval, Š., Ježek, J., Roub, R., & Urban, F. (2021). Efektivní hospodaření se srážkovou vodou na různých funkčních typech rozvojových ploch urbanizovaných území. In Kabelková I., Benáková A., & Bareš V. (Eds.) *Sborník příspěvků 14. bienální konference VODA 2021* (s. 404–410). Asociace pro vodu ČR z.s.

Kopp, J., Hejduk, T., Marval, Š., Ježek, J., Roub, R., Urban, F. (2021). Východiska efektivního hospodaření se srážkovou vodou na pilotních lokalitách rozvojových ploch měst [poster]. In *CENIA, Konference Životní prostředí – prostředí pro život*, 16.–17. září 2021, Praha.

Kopp, J., Hejduková, P., Kureková, L., Ježek, J., & Vogt, D. (2022). Kategorizace nástrojů prosazování efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách. *Trendy v podnikání – Business Trends*, 12(1), 14–23. <https://doi.org/10.24132/jbt.2022.12.1.14> 23

Hejduková, P., & Kureková, L. (2022). Přímá podpora jako nástroj pro efektivní hospodaření se srážkovou vodou. *Trendy v podnikání*, 12(1), 3–13.

Kopp, J., Vogt, D., Bureš, L., Hejduk, T., Ježek, J., Roub, R., Marval, Š. (2022). Geografické charakteristiky rozvojových ploch pro návrh koncepce hospodaření s dešťovou vodou. In Fiedor, D., Minxová, P., Smolová, I. (eds.) *Česká a slovenská geografie: mezi národní tradicí a mezinárodní relevancí*, sborník abstraktů, XXV. kongres České geografické společnosti společně s 18. kongresem Slovenskej geografickej spoločnosti, 6.–8. září 2022, Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, ISBN 978-80-244-6178-6 (online: iPDF), DOI: 10.5507/pdf.22. 24461786

Hejduk, T., Kopp, J., Marval, Š., Ježek, J., Roub, R., Bureš, L., Urban, F. (2022). Katalog opatření efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území [poster]. In *CENIA, Konference Životní prostředí – prostředí pro život*, 12.–14. září 2022, Praha.

Preis, J., Kopp, J., Hommerová, D., Herzner, A., Hellbach, C. (2023). Rainwater Management in a Context of Sustainable Cities: Six Possible Roles of the University in Building Water Sensitive Communities. In: Leal Filho, W., Lange Salvia, A., Pallant, E., Choate, B., Pearce, K. (eds.) *Educating the Sustainability Leaders of the Future*. World Sustainability Series. Springer, Cham, s. 625–640. ISBN 978-3-031-22855-1, ISBN 978-3-031-22856-8 (online) <https://doi.org/10.1007/978-3-031-22856-8> 33.

Kopp, J., Bureš, L., Hejduk, T., Roub, R., Urban, F., Vogt, D., Kureková, L. (2023). Optimalizace a podpora návrhu hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách měst. In *CzWA, Voda 2023*, 15. bienální konference CzWA, 20.–22. září, Litomyšl, s. 385–391.

Hejduk, T., Kopp, J., Marval, Š., Roub, R., Hejduková, P., Bureš, L., Urban, F. (2023). Návrh efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách – bydlení v rodinných domech [poster]. In *CzWA, Voda 2023*, 15. bienální konference CzWA, 20.–22. září, Litomyšl, s. 643–647.

Bureš, L., Roub, R., Kopp, J., Hejduk, T., Hajduková, P., Urban, F. (2023). RainWaterManager – nástroj pro výběr vhodného opatření ke zlepšení hospodaření s dešťovou vodou [poster]. In *CENIA, Konference Životní prostředí – prostředí pro život*, 2.–3. listopadu 2023, Praha.

Hejduková, P., Kopp, J., Hejduk, T., Roub, R. a Urban, F. (2023). Hospodaření s dešťovou vodou jako priorita měst i menších obcí. *Moderní obec*, 4/2023, s. 47.

Hejduková, P., Kopp, J., Hejduk, T., Roub, R. a Urban, F. (2023). Jaká jsou opatření pro efektivní hospodaření se srážkovou vodou ve městech a obcích? *Moderní obec*, 5/2023, s. 56–57.

Bureš, L., Roub, R., Hejduková, P., Kopp, J., Hejduk, T., a Urban, F. (2023). S hospodařením se srážkovou vodou obcím pomůže nový software. *Moderní obec*, 6/2023, s. 44.

Marval, Š., Bureš, L., Hejduk, Z. (2022). Multikriteriální analýza území pro výběr efektivního způsobu hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území. *Informační listy – půda, voda, krajina*, 43, 40–41, VÚMOP, v.v.i. <https://www.vumop.cz/informacni-listy>

Literatura

- Ahern, J. (2007). Green infrastructure for cities: The spatial dimension. In Novotny, V., & Brown, P. (Eds.), *Cities of the Future: Towards Integrated Sustainable Water and Landscape Management* (s. 267–283). IWA Publishing.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration – Guidelines 157 for computing water requirements*. Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO.
- Alves, A., Vojinovic, Z., Kapelan, Z., Sanchez, A., & Gersonius, B. (2020). Exploring trade-offs among the multiple benefits of green-blue-grey infrastructure for urban flood mitigation. *Science of the Total Environment*, 703, 134980. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134980>
- Anglian Water Services Ltd. (2011). *Towards Sustainable Water Stewardship: Sustainable Drainage Systems (SUDS) Adoption Manual*. Anglian Water.
- Antoszewski, P., Świerk, D., & Krzyżaniak, M. (2020). Statistical Review of Quality Parameters of Blue-Green Infrastructure Elements Important in Mitigating the Effect of the Urban Heat Island in the Temperate Climate (C) Zone. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 7093. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197093>
- Aubrechtová, T., Geletič, J., Halášová, O., Lehnert, M., & Dobrovolný, P. (2019). Administrativní reakce českých měst na adaptační procesy související s klimatickými změnami. *Urbanismus a územní rozvoj*, 22(1), 4–12.
- Bacchin, T., Ashley, R., Blecken, G., Viklander, M., & Gersonius, B. (2016). Green-blue Infrastructure for Sustainable Cities: Innovative Socio-technical Solutions Bringing Multifunctional value. In *Novatech 2016*, (s. 1–4).
- Bai, X., Nath, I., Capon, A., Hasan, N. & Jaron, D. (2012) Health and wellbeing in the changing urban environment: complex challenges, scientific responses, and the way forward. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(4), 465–472. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.09.009>
- Baiamonte, G. (2020). A rational runoff coefficient for a revisited rational formula. *Hydrological Sciences Journal*, 65(1), 112–126, DOI: 10.1080/02626667.2019.1682150
- Bandaragoda, Ch., Tarboton, D., & Baldwin, C. (2003). *Technical Design Memo on Evapotranspiration*. Water Resource Inventory Area 1.
- Batty, M. (2013). *The New Science of Cities*. The MIT Press.
- Beatley, T. (2000). *Green Urbanism: Learning from European Cities*. Island Press.
- Becker, W. a kol. (1990). *The Biotope Area Factor as an Ecological Parameter. Principles for Its Determination and Identification of the Target*. Becker Giseke Mohren Richard, Landschaft Planen & Bauen.
- Beran, A., Hanel, M., Nesládková, M., Vizina, A., Vyskoč, P., & Kožín, R. (2019). Climate change impacts on water balance in Western Bohemia and options for adaptation, *Water Supply*, 19, 323–335. <https://doi.org/10.2166/ws.2018.080>
- Biesbroek, G. R., Klostermann, J. E. M., Termeer, C. J. A. M., & Kabat, P. (2013). On the nature of barriers to climate change adaptation. *Regional Environmental Change*, 13, 1119–1129. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0421-y>
- Bowler D. E. a kol. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>.
- Brown R. R., & Farrelly M. A. (2009). Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face. *Water Science & Technology*, 59, 839–846. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.028>

Brožová, H., Houška, M., & Šubrt, T. (2009): *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Česká zemědělská univerzita v Praze.

Buchtele, J. (2002). Okolnosti ovlivňující využití modelů a tendence v uplatňování různých přístupů. In Patera, A. a kol. *Povodně: prognózy, vodní toky a krajina* (s. 51–55). ČVUT.

City of Helsinki Environment Centre (2016). *Developing the city of helsinki green factor method*. Report summary. iWater – Integrated Storm Water Management. Interreg Central Baltic.

Clarke, R.T. (1973). *Mathematical models in hydrology*. Irrigation and Drainage paper, No. 19, FAO.

Congress for the New Urbanism. (1996). *Charter of the New Urbanism*. McGraw-Hill.

CzWA (2019). *Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích*. Asociace pro vodu ČR, z.s., Ministerstvo životního prostředí.

ČSN 75 6101. (2012). *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN 75 9010. (2012). *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČVUT UCEEB, & UJEP IEEP. (2021). *Voda ve městě. Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu*. ČVUT, UJEP.

Dahlenburg, J., & Morison, P. (2009). Tapping into our Biggest Resource: engaging with the community in water quality objective setting and WSUD planning. In *6th International Water Sensitive Urban Design Conference* (s. 1–10). Western Australia.

Daňhelka, J., Krejčí, J., Šálek, M., Šercl, P., & Zezulák, J. (2003). *Posouzení vhodnosti aplikace srážko-odtokových modelů s ohledem na simulaci povodňových stavů pro lokality na území ČR*. ČZÚ.

Datel, J., Hrabánková, A., & Strouhal, L. (2021). Tvorba podzemní vody v okrajových částech Prahy. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI)*. 2021, 63(2), 8–14. DOI: 10.46555/VTEI.2021.01.006

De Jong, M., Joss, S., Schraven, D., Zhan, Ch. & Weijnen, M. (2015) Sustainable–Smart–Resilient–Low Carbon–Eco–Knowledge Cities; Making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization. *Journal of Cleaner Production*, 109, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.004>

Depietri, Y., McPhearson, T. (2017). Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities: Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Risk Reduction. In N. Kabisch, et al. (Eds.), *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Linkages between Science, Policy and Practice* (pp. 91–109). Cham, Switzerland: Springer.

Derkzen, M.L., van Teeffelen, A.J.A., & Verburg, P.H. (2015). Quantifying urban ecosystem services based on high-resolution data of urban green space: an assessment for Rotterdam, the Netherlands. *Journal of Applied Ecology*, 52, 1020–1032. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12469>

DeShazo, J.R. & Matute, J. (2015). The Local Regulation of Climate Change. In: Weber, R., Crane, R. (Eds.), *The Oxford Handbook of Urban Planning* (s. 455–476). Oxford University Press.

Dhakal, K.P., & Chevalier, L.R. (2017). Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. *Journal of Environmental Management*, 203(1), 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.065>.

Dlabka, J., Danihelka, P., Novotný, P., Rožnovský, J., Hollan, J., Krist, J., Gaillyová, Y., Thorstensen, E., Baudišová, B., Danihelková, K., & Suchánková, J. (2016). *Od zranitelnosti k resilienci: Adaptace venkovských oblastí na klimatickou změnu*. Brno: ZO ČSOP Veronica.

- Donovan, R., Evans, J., Bryson, J., Porter, L., & Hunt, D. (2005). *Large-scale Urban Regeneration and Sustainability: Reflections on the 'Barriers' Typology*. Working Paper 05/01, University of Birmingham.
- Dostál, P. a kol. (2017). *Způsoby systémové podpory výstavby zelených střech*. Svaz zakládání a údržby zeleně, z. s.
- Dostal, P., & Petrů, J. (2019). *Podpora adaptace budov a měst na nedostatek vodních zdrojů a zvyšování teploty*. Česká rada pro šetrné budovy.
- Duany, A., Plater-Zyberk, E., & Speck, J. (2000). *Suburban Nation: The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream*. North Point Press.
- EC (2013). *Green infrastructure (GI)—enhancing Europe's Natural Capital*, COM(2013)249. European Commission.
- EEA (2015) *Exploring nature-based solutions: The role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather- and climate change-related natural hazards*. European Environment Agency, Publications Office of the European Union.
- EEA (2020). *Climate risk typology of NUTS3 regions in Europe* [map]. EU-funded H2020 project RESIN.
- Faltermaier M., Stock H., & Tonndorf T. (Eds.) (2016). *Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt*. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin.
- Faltermaier M., Stock H., & Tonndorf T., (eds.) (2016). *Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt*, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin.
- Farr, D. (2008). *Sustainable Urbanism: Urban Design with Nature*. Hoboken: Wiley.
- FBB (2014). *Förderung 2014*. Fachvereinigung für Bauwerksbegrünung, Saarbrücken.
- Fedele, G., Donatti, C. I., Harvey, C. A. Hannah, L., & Hole, D. G. (2019). Transformative adaptation to climate change for sustainable social-ecological systems. *Environmental Science & Policy*, 101, 116–125, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.07.001>.
- Ferenčuhová, S. (2019). Komplikace při formulování lokálních reakcí na klimatickou změnu. *Urbanismus a územní rozvoj*, 22(3), 5–9.
- Fiala, P., Jablonský, J., & Manas, M. (1997). *Vícekritériální rozhodování*. Vysoká škola ekonomická v Praze.
- Fiener, P., Neuhaus, P., & Botschek, J. (2013). Long-term trends in rainfall erosivity – analysis of high resolution precipitation time series (1937–2007) from Western Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, 171–172, 115–123. doi: 10.1016/j.agrformet.2012.11.011.
- Fotr, J., Dědina, J., & Hrušová, H. (2000). *Manažerské rozhodování*. Ekopress.
- Fu, X., Hopton M. E., Wang, X., Goddard, H., & Liu, H. (2019). A runoff trading system to meet watershed-level stormwater reduction goals with parcel-level green infrastructure installation. *Science of The Total Environment*, 689, 1149–1159. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.439>.
- Geletič, J., & Lehnert, M. (2017). Místní klimatické zóny a jejich význam ve městech České republiky. *Urbanismus a územní rozvoj*. 20(2), 9–16.
- Gimenez-Maranges, M., Breuste, J., & Hof, A. (2021). A new analytical tool for a more deliberate implementation of Sustainable Drainage Systems. *Sustainable Cities and Society*, 71, 102955.
- Greenfield, A. (2013). *Against the Smart City*. New York: Do projects.
- Greenfield, A. (2017). *Radical Technologies: The Design of Everyday Life*. London: Verso.
- Hall, P. (2002). *Cities of Tomorrow: An Intellectual History of Urban Planning and Design Since 1880*. Wiley-Blackwell.

- Hand, W.H., Fox, N.I., & Collier, C.G. (2004). A study of twentieth- century extreme rainfall events in the United Kingdom with implications for forecasting. *Meteorol. Appl.*, 11, 15–31. doi: 10.1017/S1350482703001117.
- Hanel, M., Pavlásková, A., & Kyselý, J. (2016). Trends in characteristics of sub-daily heavy precipitation and rainfall erosivity in the Czech Republic. *Int. J. Climatol.*, 36, 4, 1833–1845. doi: 10.1002/joc.4463.
- Hejduková, P., & Kureková, L. (2022). Přímá podpora jako nástroj pro efektivní hospodaření se srážkovou vodou. *Trendy v podnikání*, 12(1), 3–13.
- Hekrlé, M., & Macháč, J. (2020). Výhodná pro všechny: Ekonomické hodnocení modro-zelené infrastruktury. *Pro města a obce 1/2020*, 27–28.
- Hlaváček, P., & Foglar, F. (2021). *Metodika spolupodílu investorů do území — doporučená kontribuce při změně ÚP*. Verze 4.0 – Prezentace principů. HL. m. Praha.
- Hoang, L., & Fenner, R. A. (2016). System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems and green infrastructure. *Urban Water Journal*, 13(7), 739–758. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2015.1036083>
- Howe C., & Mitchell C. (Eds.) (2012). *Water Sensitive Cities*. IWA Publishing.
- Hydrologic Engineering Center (2023). HEC-HMS User's Manual. Hydrologic Engineering Center.
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge. University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Iwaszuk, E., Rudik, G., Duin, L., Mederake, L., Davis, M., Naumann, S., & Wagner, I. (2019). *Addressing Climate Change in Cities – Catalogue of Urban Nature-Based Solutions*. Ecologic Institute & the Sendzimir Foundation.
- Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. Vintage Books.
- Jeníček, M. (2007). *Klasifikace hydrologických modelů*, studijní materiál. Univerzita Karlova v Praze.
- Ježek, J. & Mičudová, K. (2020). *Investiční potřeby venkovských obcí v České republice*. Západočeská univerzita v Plzni.
- Ježek, J., Krbová, J., & Slach, O. (2020). *Zahraniční zkušenosti s revitalizací městských center*. Wolters Kluwer.
- Ježek, J., Slach, O., & Šilhánková, V. (2015). *Strategické plánování obcí, měst a regionů: vybrané problémy, výzvy a možnosti řešení*. Wolters Kluwer.
- Juhola S. (2018). Planning for a green city: The Green Factor tool. *Urban Forestry & Urban Greening*, 34, 254–258. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.07.019>.
- Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., Naumann, S., Davis, M., Artmann, M., Haase, D., Knapp, S., Korn, H., Stadler, J., Zaunberger, K., & Bonn, A. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society* 21(2), 39. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08373-210239>
- Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (2017). *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas – Linkages Between Science, Policy and Practice*. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions. Springer Open.
- Katz, P. (Ed.). (1994). *The New Urbanism: Toward an Architecture of Community*. McGraw-Hill.
- Kazmierczak, A., & Carter, J. (2010). *Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies*. University of Manchester.
- Keeley, M. (2011). The Green Area Ratio: an urban site sustainability metric. *Journal of Environmental Planning and Management*, 54(7), 937–958, DOI: 10.1080/09640568.2010.547681

- Kitchin, R. (2015). *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences*. SAGE.
- Kopp, J., & Ježek, J. (2018). Experience of Czech cities with the implementation of ecohydrological management. In *Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung*, Band 48 (s. 53–60). Institut für Geographie und Raumforschung.
- Kopp, J., & Marval, Š. (2021). Využití srážkových vod na veřejných prostranstvích. *Geografické rozhledy*, 30(4), 34–37.
- Kopp, J., & Preis, J. (2019). The potential implementation of stormwater retention ponds into the blue-green infrastructure of the suburban landscape of Pilsen, Czechia. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 15055–15072. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1706_1505515072
- Kopp, J., Frajer, J., Lehnert, M., Kohout, M., & Ježek, J. (2021b). Integrating Concepts of Blue-green Infrastructure to Support Multidisciplinary Planning of Sustainable Cities. *Problemy Ekorozwaju*, 16(2), 137–146. <https://doi.org/10.35784/pe.2021.2.14>
- Kopp, J., Frajer, J., Novotná, M., Preis, J., & Dolejš, M. (2021a). Comparison of Ecohydrological and Climatological Zoning of the Cities: Case Study of the City of Pilsen. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(5), 1–21. <https://doi.org/10.3390/ijgi10050350>
- Kopp, J., Hejduk, T., Marval, Š., Ježek, J., Roub, R., & Urban, F. (2021c). Efektivní hospodaření se srážkovou vodou na různých funkčních typech rozvojových ploch urbanizovaných území. In Kabelková I., Benáková A., & Bareš V. (Eds.) *Sborník příspěvků 14. bienální konference VODA 2021* (s. 404–410). Asociace pro vodu ČR z.s.
- Kopp, J., Hejduková, P., Ježek, J., Kureková, L., Vogt, D., Roub, R., Bureš, L., Burket, J., Poláková, L., Hejduk, T., Marval, Š., Zajíček, A., Novák, P., Urban, F., Krupička, J., Zrostlík, Š., & Kesely, M. (2022a). *Katalog opatření efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území*. ZČU v Plzni, ČZU v Praze, VÚMOP, VRV.
- Kopp, J., Hejduková, P., Kureková, L., Ježek, J., & Vogt, D. (2022c). Kategorizace nástrojů prosazování efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách. *Trendy v podnikání – Business Trends*, 12(1), 14–23. https://doi.org/10.24132/jbt.2022.12.1.14_23
- Kopp, J., Novotná, M., Frajer, J., Ježek, J., Raška, P., & Dolejš, M. (2020). Plánování modro-zelené infrastruktury s využitím ekohydrologického hodnocení mikrostruktur města Plzně. *Urbanismus a územní rozvoj*, 23(4), 7–16.
- Kopp, J., Raška, P., Vysoudil, M., Ježek, J., Dolejš, M., Veith, T., Frajer, J., Novotná, M., & Hašová, E. (2017). *Ekohydrologický management mikrostruktur městské krajiny*. Západočeská univerzita v Plzni.
- Kopp, J., Vogt, D., Hejduk, T., Roub, R., & Urban, F. (2022b). Potenciál rozvojových ploch pro efektivní hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaných územích. *Urbanismus a územní rozvoj*, 25(5), 30–39
- Kopp, J., Vogt, D., Ježek, J., Marval, Š., Hejduk, T., & Roub, R. (2021d). Možnosti efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území. *Regionální rozvoj mezi teorií a praxí*, 2021(4), 1–15.
- Krajhanzl, J., Chabada, T., Svobodová, R., Kácha, O., Vintř, J., Becková, A. a kol. (2021). *České klima 2021, Mapa českého veřejného mínění v oblasti změny klimatu*. Katedra environmentálních studií FSS, Masarykova univerzita. Green Dock, z.s. <https://enviro.fss.muni.cz/ceskeklima2021>.
- Krajhanzl, J., Chabada, T., Svobodová, R., Lechnerová, Z., Špaček, O., Skalík, J., & Čada, K. (2015). *Česká veřejnost a změna klimatu 2015, Zpráva z výzkumu na reprezentativním vzorku české populace*. Katedra environmentálních studií FSS MU.
- Krauze, K. & Wagner, I. (2019) From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions — Contextualizing nature-based solutions for sustainable city. *Science of the Total Environment*, 655, 697–706. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.187>

Kruuse, A. (2011). *GRaBS Expert Paper 6: The Green Space Factor and the Green Points System*. Town and Country Planning Association.

Kučera, P. a kol. (2023). *Metodika vymezení zelené infrastruktury v územně plánovací dokumentaci, zejména v územním plánu*. Certifikované metodika MMR. Mendelova univerzita v Brně, Výzkumný ústav Sylva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i., LÖW & spol. s.r.o., Ateliér Fontes s.r.o.

Kulhavý, Z., & Kovář, P. (2002). *Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí*. VÚMOP.

Kyselý, J., Gaál, L., Beranová, R., & Plavcová, E. (2011). Climate change scenarios of precipitation extremes in Central Europe from ENSEMBLES regional climate models. *Theor. Appl. Climatol.*, 104(3–4), 529–542. doi: 10.1007/s00704-010-0362-z.

Lehnert, M., Geletič, J., Kopp, J., Brabec, M., Jurek, M., & Pánek, J. (2021a). Comparison between mental mapping and land surface temperature in two Czech cities: A new perspective on indication of locations prone to heat stress. *Building and Environment*, 203, 108090, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108090>

Lehnert, M., Pánek, J., Kopp, J., Geletič, J., Květoňová, V., & Jurek, M. (2023). Thermal comfort in urban areas on hot summer days and its improvement through participatory mapping: A case study of two Central European cities. *Landscape and Urban Planning*, 233, 104713. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104713>

Lehnert, M., Tokar, V., Jurek, M., & Geletič, J. (2021b). Summer thermal comfort in Czech cities: measured effects of blue and green features in city centres. *International Journal of Biometeorology*, 65(8), 1277–1289. doi:10.1007/s00484-020-02010-y.

Liberalesso, T., Cruz, C. O., Silva, C. M., & Manso, M. (2020). Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives. *Land Use Policy*, 96, 104693. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104693>.

Liu, Y., Huang, T.T., & Zheng, X. (2022). A method of linking functional and structural connectivity analysis in urban green infrastructure network construction. *Urban Ecosystems*, 25, 909–925 <https://doi.org/10.1007/s11252-022-01201-2>

Loos, F., & van Vliet M. (Eds.). (2016). *Green streetscape design with stormwater management*. Images Publishing.

Macháč, J., & Louda, J. (2019). Urban Wetlands Restoration in Floodplains: A Case of the City of Pilsen, Czech Republic. In T. Hartmann, L. Slavíková, & S. McCarthy (Eds.), *Nature-Based Flood Risk Management on Private Land*. Springer. doi:10.1007/978-3-030-23842-1_12.

Macháč, J., Dubová, L., & Louda, J. (2017). Zelené střechy z pohledu ekonomie: investice do zelených střech – zisk pro celou společnost. In Dostál P. (Ed.) *Způsoby systémové podpory výstavby zelených střech* (s. 8–10). Svaz zakládání a údržby zeleně, z.s..

Macháč, J., Dubová, L., Hekrle, M., Louda, J., Brabec, J., & Zemková, L. (2019). *Metodika pro ekonomické hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech*. Certifikovaná metodika. IEEP.

Macháč, J., Hekrle, M., Dubová, L., & Louda, J. (2023). *Modrozelená města: Příklady adaptačních opatření v ČR a jejich ekonomické hodnocení*. UJEP, IEEP.

Maier K. a kol. (2012). *Udržitelný rozvoj území*. Grada.

Mattanovich, E., Bürger, G., Fischer, M., Neubauer, U., & Stebegg, K. (2018). *Handlungsziele für Stadtgrün und Deren Empirische Evidenz. Indikatoren, Kenn- und Orientierungswerte*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung.

McCulloch, L., & Robertson, M. (2015). *Southampton City Council Green Space Factor Guidance Notes*. Southampton City Council.

- McPhearson, T., & Depietri, Y. (2017). Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities: Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Risk Reduction. In Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (Eds.) *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Linkages between Science, Policy and Practice* (s. 91–109)..; Springer Open. .
- Metelka, T., & Urban, F. (2022). *Koncepční studie srážko-odtokových poměrů v rozsahu povodí Seifertovy ulice*. AQUA PROCON s.r.o., Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
- MMR (2019). *Strategie regionálního rozvoje České republiky 2021+*. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR.
- Moser, S. C., & Ekstrom, J. A. (2010). A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(51), 22026–22031. <https://doi.org/10.1073/pnas.1007887107>
- Mostafavi, M. (2010). *Ecological Urbanism*. Lars Müller.
- Mostafavi, M., & Doherty, G. (Eds.) (2016). *Ecological Urbanism*. Harvard University Graduate School of Design and Lars Müller Publishers.
- Mostafavi, M., & Doherty, G. (Eds.) (2010). *Ecological Urbanism*. Lars Müller Publishers.
- MZe (2014). *Český venkov a zemědělství v podmínkách měnícího se podnebí, Přizpůsobení českého zemědělství a venkova na dopady změny klimatu*. Praha: Ministerstvo zemědělství.
- MZe. (2023). *Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky na období 2023–2027*.
- MŽP (2015). *Národní akční plán adaptace na změnu klimatu, Implementační dokument Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*. Praha: Ministerstvo životního prostředí.
- MŽP (2021). *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR – 1. aktualizace pro období 2021–2030*. Ministerstvo životního prostředí ČR.
- Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). *Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts*. *Cities*, 38, 25–36.
- Novotny, V., Ahern, J., & Brown, P. (2010). *Water centric sustainable communities: planning, retrofitting, and building the next urban environment*. Wiley.
- O'Donnell, E. C. Lamond J. E., & Thorne C. R. (2017). Recognising barriers to implementation of Blue-Green Infrastructure: a Newcastle case study. *Urban Water Journal*, 14(9), 964–971, DOI: 10.1080/1573062X.2017.1279190
- Peroni, F., Pristeri, G., Codato, D., Pappalardo, S. E., & De Marchi, M. (2020). Biotope Area Factor: An Ecological Urban Index to Geovisualize Soil Sealing in Padua, Italy. *Sustainability* 12(1), 150. <https://doi.org/10.3390/su12010150>
- Pěstuj prostor (2018). *Index modrozelené infrastruktury v sídlech – Jiráskovo náměstí*. Plzeň Pěstuj prostor, z. s. https://pestujprostor.plzne.cz/dnld/JN_indexMZI.pdf
- Pondělíček, M. a kol. (2016). *Adaptace na změny klimatu*. Civitas per populi.
- Raška, P. a kol. (2022). Identifying barriers for nature-based solutions in flood risk management: An interdisciplinary overview using expert community approach. *Journal of Environmental Management*, 310, 114725, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114725>.
- Rosenberger, L., Leandro, J., Pauleit, S., & Erlwein, S. (2021). Sustainable stormwater management under the impact of climate change and urban densification. *Journal of Hydrology*, 596, 126137. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126137>
- Rossman, L., & Simon, M. (2022). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2*. U.S. Environmental Protection Agency.

- Rulfová, Z., & Kyselý, J. (2013). Disaggregating convective and stratiform precipitation from station weather data. *Atmos. Res.*, 134, 100–115, doi: m10.1016/j.atmosres.2013.07.015.
- Rulfová, Z., Beranová, R., & Kyselý, J. (2017). Climate change scenarios of convective and large-scale precipitation in the Czech Republic based on EURO-CORDEX data. *Int. J. Climatol.*, 37, 2451–2465. <https://doi.org/10.1002/joc.4857>
- Runhaar, H., Mees, H., Wardekker, A., van der Sluijs, J., & Driessen, P. P. J. (2012). Adaptation to climate change-related risks in Dutch urban areas: stimuli and barriers. *Regional Environmental Change*, 12, 777–790. <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0292-7>
- Sarabi, S., Han, Q., Romme, A.G.L., de Vries, B., Valkenburg, R., & den Ouden, E. (2020). Uptake and implementation of Nature-Based Solutions: An analysis of barriers using Interpretive Structural Modeling. *Journal of Environmental Management*, 270, 110749. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110749>.
- Shrestha, R. (2003). *Input data resolution analysis for distributed hydrological modeling*. Department of Urban and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Kyoto University.
- Schmidt M. (2010). Ecological design for water and climate mitigation in contemporary urban living. *International Journal of Water*, 5 (4), 337–352. DOI: [10.1504/IJW.2010.038727](https://doi.org/10.1504/IJW.2010.038727)
- Simperler, L., Himmelbauer, P., Stöglehner, G., & Ertl, T. (2018). Siedlungswasserwirtschaftliche Strukturtypen und ihre Potenziale für die dezentrale Bewirtschaftung von Niederschlags-wasser. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 70, 595–603. <https://doi.org/10.1007/s00506-018-0520-6>.
- Slaney, S. (2017). *Stormwater management for sustainable urban environments*. Images Publishing Group Pty.
- Stewart, I. D. & Oke, T. R. (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Stewart, I. D., Oke, T. R., & Krayenhoff, E. S. (2014). Evaluation of the ‘local climate zone’ scheme using temperature observations and model simulations. *International Journal of Climatology*, 34, 1062–1080. <https://doi.org/10.1002/joc.3746>
- Stránský D., Hora D., Kabelková I., Salzmann K., Suchánek M., Vacková M., & Vítek J. (2021b). *Analýza dokumentů pro koncepční hospodaření se srážkovou vodou v obcích*. CzWA Service s.r.o., zpráva pro Ministerstvo životního prostředí ČR.
- Stránský D., Hora D., Kabelková I., Vacková M., & Vítek J. (2021a). *Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy*. Hlavní město Praha, ČVUT v Praze.
- Stránský, D., & Kabelková, I. (2015). Review of the Implementation Process of Sustainable Stormwater Management in the Czech Republic. In: Hlavínek, P., Zeleňáková, M. (Eds.), *Storm Water Management. Examples from Czech Republic, Slovakia and Poland* (s. 13–26). Springer.
- Struha, P., Šilhánková, V., & Pondělíček, M. (2017). Heat Islands and Their Thermovision Monitoring in an Example of Public Space in Hradec Králové. *International Journal of Environmental Science*, 2, 88–95.
- Sulzer, W. (2016). *Reale Abbildung der Stadtentwicklung Graz – Landnutzungskartierung 1945–2015*. Eigenverlag der Stadt Graz.
- Sýkorová, M., Tománek, P., Šušlíková, L., Staňková, N., Habalová, M., Čtverák, M., Macháč, J., & Hekrlé, M. (2021). *Voda ve městě. Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu*. ČVUT, UJEP.
- Szulczewska, B., Giedych, R., Borowski, J., Kuchcik, M., Sikorski, P., Mazurkiewicz, A., & Stańczyk, T. (2014). How much green is needed for a vital neighbourhood? In search for empirical evidence. *Land Use Policy*, 38, 330–345. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.11.006>.
- Talen, E. (2005). *New Urbanism and American Planning: The Conflict of Cultures*. Routledge.

- Talen, E. (2012). *City Rules: How Regulations Affect Urban Form*. Island Press.
- Thorne, C. (ed.) (2016). *Delivering and Evaluating Multiple Flood Risk Benefits in Blue-Green Cities, Key Project Outputs, EPSRC Project EP/K013661/1*. University of Nottingham.
- Thurston, H. W. (2019). *Economic incentives for stormwater control*. CRC Press/Taylor & Francis Group.
- Tjallingii, S. (2015). Planning with water and traffic networks, Carrying structures of the urban landscape. *Research In Urbanism Series*, 3(1), 57–80. <https://doi.org/10.7480/rius.3.832>
- TNV 75 9011. (2013). *Hospodaření se srážkovou vodou*. Sweco Hydroprojekt a.s..
- Townsend, A. M. (2013). *Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia*. W. W. Norton & Company.
- Třebický, V., & Novák, J. (2015). *Metodika tvorby místní adaptační strategie na změnu klimatu*. CI2.
- Turner, R. K., Pearce, D., & Bateman, I. (2002). *Ekonomía životného prostredia. Úvod do problematiky*. Slovenské vyd. Národohospodárska fakulta, Ekonomická univerzita v Bratislave.
- Urban, F. (2016). *Studie odtokových poměrů v k.ú. Přední Ptákovice*. Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
- Útvar rozvoje hl. m. Prahy (2002). *Metodický pokyn k Územnímu plánu sídelního útvaru hlavního města Prahy*. Útvar rozvoje hl. m. Prahy.
- van Schaick, J. & Klaasen, I. (2011). The Dutch Layers Approach to Spatial Planning and Design: A Fruitful Planning Tool or a Temporary Phenomenon? *European Planning Studies*, 19(10), 1775–1796. <https://doi.org/10.1080/09654313.2011.614387>
- Vejchodská, E. (2009). *Ekonomie a politika městského životního prostředí*. Oeconomica, VŠE Praha.
- Vejchodská, E., Felcman, J., & Šindlerová, V. (2019). Ekonomické nástroje v české územně plánovací praxi. Potenciál a bariéry jejich využití. *Urbanismus a územní rozvoj*, 22(6), 11–17.
- Vítek, J. (2018). Jak se projevuje úroveň zákonných a technických předpisů na aplikaci modrozelené infrastruktury. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 60(3), 27–34.
- Vítek, J. a kol. (2018). *Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře*. Olomoucké stavební standardy k integraci modrozelené infrastruktury. Statutární město Olomouc, JV PROJEKT VH s.r.o.
- Vítek, J., Stránský, D., Kabelková, I., Bareš, V., & Vítek, R. (2015). *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. 01/71 ZO ČSOP Koniklec.
- Voskamp, I.M., & van de Ven, F.H.M. (2015). Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. *Building and Environment*, 83, 159–167.
- Wang Y.-C., Shen J.-K., & Xiang W.-N. (2018). Ecosystem service of green infrastructure for adaptation to urban growth: function and configuration, *Ecosystem Health and Sustainability*, 4(5): 132–143.
- Wang, Y.-C., Shen, J.-K. & Xiang, W.-N. (2018) Ecosystem service of green infrastructure for adaptation to urban growth: function and configuration. *Ecosystem Health and Sustainability*, 4 (5), 132–143. <https://doi.org/10.1080/20964129.2018.1474721>
- Weber, R. & Crane, R. (2015). *The Oxford Handbook of Urban Planning*. Oxford University Press.
- WEF (2014). *Green infrastructure implementation: a special publication*. WEF special publication. Water Environment Federation.
- Westra, S., Fowler, H.J., Evans, J.P., Alexander, L.V., Berg, P., Johnson, F., Kendon, E.J., Lenderink, G., & Roberts, N.M. (2014). Future changes to the intensity and frequency of shortduration extreme rainfall. *Rev. Geophys.*, 52, 3, 522–555. doi: 10.1002/2014RG000464.

- Wihlborg, M., Sörensen, J., & Olsson, J. A. (2019). Assessment of barriers and drivers for implementation of blue-green solutions in Swedish municipalities. *Journal of environmental management*, 233, 706–718. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.018>.
- Wong, T. H. F., & Brown, R. (2009). The water sensitive city: principles for practice. *Water Science & Technology*, 60 (3), 673–682. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.436>
- Wong, T. H. F., Rogers, B. C., & Brown, R. R. (2020). Transforming Cities through Water-Sensitive Principles and Practices. *One Earth*, 3(4), 436–447. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.09.012>
- Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., & Kellagher, R. (2015). *The SUDS manual (C753)*. CIRIA.
- Zahradníček, P., Brázdil, R., Štěpánek, P., & Trnka, M. (2020). Reflections of global warming in trends of temperature characteristics in the Czech Republic, 1961–2019. *International Journal of Climatology*, 41, 1211–1229. <https://doi.org/10.1002/joc.6791>
- Zalewski, M. (2015) Ecohydrology and hydrologic engineering: regulation of hydrology-biota interactions for sustainability. *J. Hydrol. Eng.*, 20, 1–8. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000999](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000999)
- Zarecor, K. E. (2015). *Utváření socialistické modernity – Bydlení v Československu v letech 1945–1960*. Academia.
- Žák, P. (2021). *Potenciál rozvoje modro-zelené infrastruktury kampusu Západočeské univerzity v Plzni* (Diplomová práce). Západočeská univerzita v Plzni.

Seznam použitých zkratek

CzWA Asociace pro vodu ČR

ČR Česká republika

ČSN Česká technická norma

ČÚZK Český úřad zeměměřický a katastrální

ČVUT České vysoké učení technické

ČZU Česká zemědělská univerzita

DIBAVOD Digitální BÁze VOdohospodářských Dat

DMP 1G Digitální model povrchu České republiky 1. generace

DMR 5G Digitální model reliéfu České republiky 5. generace

EEA European Environment Agency

ESPN European Spatial Observation Network

EU Evropská unie

FAO Food and Agriculture Organization

FBB Fachvereinigung für Bauwerksbegrünung

HD hydrodynamický (model)

HDV hospodaření s dešťovou vodou, hospodaření se srážkovou vodou

HEC-HMS Hydrologic Modeling System

IEEP Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

IS VaVal Informační systém výzkumu, vývoje a inovací

KMZI koeficient modro-zelené infrastruktury

LCZ Local Climate Zone (místní klimatická zóna)

MCA multikriteriální analýza

MZI modro-zelená infrastruktura

MŽP Ministerstvo životního prostředí České republiky

PPP Public-Private Partnerships

Q průtok

RÚIAN Registr územní identifikace, adres a nemovitostí

RWM RainWaterManager

S-O srážko-odtokový (model)

SO ORP Správní obvod obce s rozšířenou působností

SuDS Sustainable Urban Drainage Systems
SWMM Storm Water Management Model
TA ČR Technologická agentura České republiky
TNV Odvětvová technická norma vodního hospodářství
UCEEP Univerzitní centrum energeticky efektivních budov
UJEP Univerzita Jana Evangelisty Purkyně
ÚPD územně plánovací dokumentace
ÚPP územně plánovací podklady
VaVal Výzkum, vývoj a inovace
VRV Vodohospodářský rozvoj a výstavba
VÚMOP Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy
WEF Water Environment Federation.
WMO World Meteorological Organisation
ZČU Západočeská univerzita

Seznam příloh

Příloha A – Vstupní rozbor přírodních podmínek pilotních lokalit

Příloha B – Socioekonomické charakteristiky měst a obcí pilotních lokalit



T A
Č R

Program **Prostředí pro život**