

# Katalog ekosystémových adaptačních opatření



2019/2020

# Katalog ekosystémových adaptačních opatření

Autor: Bc. Elen Šimáčková

Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze

Foto na titulní stránce: *Obr. 1: Administrativní budova Butterfly (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

Praha, 2019/2020

## Použité zkratky

UHI - Urban Heat Island (městský tepelný ostrov)

SDW – Shoot Dry Weight (suchá hmotnost výhonů)

RDW – Root Dry Weight (suchá hmotnost kořenů)

## Odborné termíny

**Biomasa** - organická hmota (souhrn látek tvořících těla všech organismů)

**Pedokompakce** – fyzikální degradace struktury půdy (zhuťování půdy)

**Jednotný systém kanalizace** – odvádí veškeré vody do kanalizace – jak splaškové, tak dešťové vody ze střech, zpevněných povrchů apod.

**Oddílný systém kanalizace** – odvádí dešťové vody směrem do dešťové kanalizace a splaškové vody do splaškové kanalizace

**Sekvestrace** – vázání, ukládání

**Evaporace** – výpar, vypařování

**Transpirace** – fyziologický výpar z rostlin

**Intercepce** – výpar ze zachycené srážkové vody na povrchu rostlin

**Ekosystémy** – funkční soustava živých a neživých složek životního prostředí, které jsou vzájemně spojeny výměnou látek, tokem energie a předáváním informací a které se vzájemně ovlivňují a vyvíjejí v určitém prostoru a čase

**Zvodeň** – hydraulicky jednotná a souvislá akumulace gravitačních podzemních vod v hornině

**Průleh** – protierozní opatření, které zadržuje vodu a půdu v krajině

**Poldr** – vodní dílo, které slouží k protipovodňové ochraně

**Polutant** – odpadní, znečišťující látka

# Obsah

ÚVOD .....	5
1 Ekosystémová adaptační opatření .....	6
2 Základní přínosy opatření.....	6
2.1 Regulační přínosy .....	7
2.2 Zásobovací přínosy .....	9
2.3 Kulturní přínosy.....	9
3 Katalog ekosystémových adaptačních opatření .....	10
KATALOG.....	11
I. Propustné a polopropustné povrchy.....	12
II. Vegetace v urbánním prostředí.....	15
III. Extenzivní a intenzivní zelené střechy .....	17
IV. Extenzivní, semi-intenzivní a intenzivní zelené zdi.....	23
V. Městské parky a lesoparky .....	25
VI. Vodní plochy v urbánním prostředí .....	27
VII. Komunitní zahrady a zahrádkářské kolonie .....	29
VIII. Obnova a zakládání postranních ramen, břehové porosty.....	31
IX. Udržitelné městské odvodňovací systémy .....	33
4 Příklady dostupných technologií, poznatků a využití ekosystémových adaptační opatření v praxi.....	35
4.1 Příklad využití propustných materiálů.....	35
4.2 Příklady využití vegetačních/zelených střech.....	36
4.3 Dešťové zahrady .....	38
4.4 Mokřady.....	40
5 Zahraniční inspirace .....	41

5.1	Čtvrť Augustenborg.....	41
5.2	Melbourne.....	42
5.2.1	Howard Street raingardens .....	43
5.2.2	Mokřad Trin Warren Tam-boore.....	43
5.3	Stockholm – strukturální substrát.....	44
	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	47

# ÚVOD

S přibývajícím počtem obyvatel dochází k hypertrofii měst. Podle zprávy o městech (2016) žilo v roce 1990 v městské oblasti 43 % (2,3 miliardy) světové populace. V roce 2015 vzrostla městská populace na 54 % (4 miliardy) [United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), 2016]. Předpokládá se, že v roce 2030 by mohlo žít v městských oblastech téměř 5 miliard světové populace (Informační centrum OSN v Praze, 2007).

Neustálá hypertrofie města, kdy se městská zástavba rozšiřuje jak do své výšky, tak do šířky, je důsledkem migrace obyvatelstva do měst. S tím přicházejí ruku v ruce kladné i negativní implikace. Kladnými dopady mohou být např. lepší zdravotní péče, více pracovních příležitostí nebo dopravní komfort. Naopak negativními dopady jsou např. kontaminace ovzduší, hlukové zatížení, dopravní zácpy, rychlejší šíření onemocnění, zvyšující se tepelná stopa apod.

Zvýšení počtu staveb ať na okraji, nebo v centru městského prostředí nese však jistá rizika. Zvýšení počtu a faktorů či zvýšení účinnosti faktorů, jako jsou úbytek zeleně, překážky v proudění větru, znečištění ovzduší, zvýšená populace ve městě a další, může zesílit efekt tepelného městského ostrova (UHI).

Tento efekt se projevuje zejména rozdílem mezi teplotou v centru města a na okraji města. A rozdíl teplot může dosahovat až 7 °C (Wilby, 2003). Posílení tohoto efektu může mít za následek např. riziko šíření a zesílení chorob, či zvýšení úmrtnosti související s teplem.

Ať k přispění těchto faktorů pomáhá změna klimatu (přírodního či antropogenního původu), nebo jiné antropogenní příčiny, je samozřejmě nutné, jak z hlediska ekonomického (přívalové srážky – ohrožení povodněmi), tak s ohledem na zdraví obyvatel apod., se přizpůsobit a dosáhnout tím optimální rovnováhy mezi narůstajícím počtem obyvatel a udržením (zvýšením) městského komfortu.

Jednou z možností, jak snížit efekt městského tepelného ostrova a přispět k odolnosti urbánních oblastí, je využití ekosystémově založených adaptačních opatření, neboli tzv. ekosystémová adaptační opatření (European Commission, 2019; CI2, o.p.s., © 2015).

# 1 Ekosystémová adaptační opatření

Ekosystémová adaptační opatření představují řešení zakládající se na přírodě a jsou v globálním měřítku čím dál, tím více využívána. Tato opatření pomáhají lidstvu přizpůsobovat se okolním podmínkám a snižovat rizika katastrof (Kabishch a kol. 2017).

Navíc mohou být přijatelnou adaptační alternativou k obvyklým technickým (šedým) opatřením. Ekosystémová opatření využívají modré infrastruktury (zvýšení retence, akumulace vody, využití tekoucích a stojatých vod ve městě, propustnosti terénu ve městech) a zelené infrastruktury (zelené střechy, fasády a zvýšení vegetace v urbánní oblasti), nebo jejich vzájemnou kombinaci (European Commission, 2019; CI2, o.p.s., © 2015).

Ekosystémová adaptační opatření mimo jiné poskytují lidské společnosti řadu zásadních služeb, tzv. ekosystémové služby.

## 2 Základní přínosy opatření

Jak uvádí Vačkář (2010), ekosystémové služby představují užitky, které jsou poskytované přírodou pro společnost. Tento pojem se stal součástí ochrany životního prostředí a je neodmyslitelnou součástí udržitelného rozvoje (Vačkář, 2010).

Základním aspektem je biodiverzita, která je předpokladem, rámcem a samozřejmě poskytovatelem všech ekosystémových služeb (Moldan, 2015).

Ekosystémových služeb neboli přínosů, které nám poskytují ekosystémová adaptační opatření, je celá řada. Mezi takové přínosy, které z těchto opatření plynou, mohou patřit nejen zdokonalení z hlediska zlepšení kvality vody a ovzduší, ale pomáhají také k regulaci vody a městského klimatu, snížení hlučnosti, zvýšení biodiverzity, ke snížení povodňového rizika či eroze půdy, ale jsou to také kulturní přínosy, jako například rekreační příležitosti v městském prostředí. Základními skupinami ekosystémových služeb jsou zásobovací služby, regulační služby a kulturní služby, které každého z nás ovlivňují, ale též tzv. služby podpůrné, jež jsou nezbytné k udržení ostatních služeb (European Commission, 2019; CI2, o.p.s., © 2015; Moldan, 2015).

## 2.1 Regulační přínosy

Přínosy, které řadíme do regulačních služeb, zahrnují například regulaci teploty a mikroklimatu, ukládání uhlíku, retenci srážkové vody a regulaci odtoku, zvýšení kvality vody, protierozní funkce, regulaci kvality ovzduší či protihlukovou ochranu.

### Protihluková ochrana

V dnešní době je problematika hlukové zátěže ve městech velmi aktuální zejména proto, že hlavním zdrojem hluku jsou dopravní prostředky. Z automobilové dopravy pochází přibližně 60 – 90 % tzv. akustického smogu (podle Státního zdravotního úřadu) (Křečková, 2009).

Ke snížení hlukové zátěže přispívají, kromě betonových a jiných dalších bariér, i vegetační bariéry. U těch je hlavní jejich hustota, kde platí, že čím větší hustota, tím je tato protihluková bariéra účinnější (Křečková, 2009). Vegetace dokáže tlumit hlukovou zátěž prostřednictvím absorpce (jeden z nejlepších absorbentů akustické energie), odrazu či lomu zvukových vln (Kang, 2006).

### Ukládání uhlíku

Vegetace má nezastupitelný význam při sekvestraci (ukládání) uhlíku, a je tedy neoddelitelnou součástí uhlíkového koloběhu. Při svém růstu rostliny přeměňují oxid uhličitý a tím ho, jako skleníkový plyn, odstraňují z ovzduší. Uhlík poté ukládají ve svém kořenovém systému, čímž zastávají významnou úlohu jeho uložení neboli sinku. V případě urbánní vegetace, konkrétně stromů, je zaznamenán vyšší uhlíkový sink, a to díky zvýšené koncentraci CO<sub>2</sub> v ovzduší (Awal a kol., 2010). Sekvestrace uhlíku je tedy další z přínosů, které přispívají ke zmírnění dopadů klimatických změn (CzechGlobe, 2017). Vegetace proto pomáhá k regulaci globálního klimatu.

### Regulace podnebí - teplota a mikroklima

Celkově jde o regulaci podnebí, kdy ekosystémy ovlivňují klima jak globálně, tak lokálně. Pokud se zaměříme z hlediska urbanizovaného území na vegetaci, jde o takovou regulaci teploty a mikroklimatu, kdy vegetace reguluje teplotu nejen pomocí poskytnutí stínu, ale též výměnou tepelné energie mezi ní a jejím okolím. Strom dokáže transpirovat přibližně



450 l vody a k tomu spotřebovat asi 1000 MJ energie (tepla) na evapotranspiraci. Ve městech v tomto případě dochází ke snížení příliš vysoké letní teploty (Moldan, 2015).

### Protierozní ochrana

Půdní pokryv bývá ve městech značně poškozený. Dochází tak ke snížení porozity a ke snížení schopnosti půdy absorbovat a ukládat vodu. Nenarušený půdní a vegetační pokryv má přirozenou schopnost zadržet vodu, což vede k prevenci půdních sesuvů a celkem tedy ke snížení rizika eroze (Moldan, 2015; CzechGlobe, 2017).

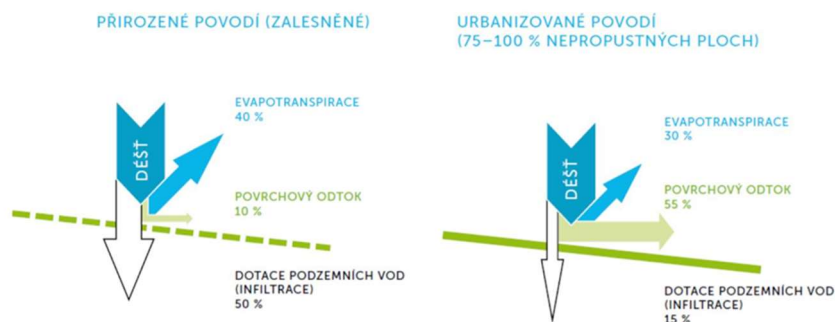
### Likvidace odpadů a čištění vody

Ekosystémy pomáhají filtrovat, zadržovat a rozložit organický odpad a živiny pomocí schopnosti asimilovat a detoxikovat sloučeniny půdními a podpůdními procesy. Kromě zvýšení biodiverzity může vegetace ve městech (vodní a mokřadní ekosystémy) a půda přispět ke zlepšení kvality toků (Moldan, 2015; CzechGlobe, 2017).

### Regulace odtoku srážkové vody a absorpce

Záplavy, velikost a časování srážek a dodání vody ve zvodních může být nadměru ovlivněno změnami půdního pokryvu. V tomto případě může dojít i k nevratným změnám, kdy systémy ztrácejí schopnost absorpce dešťových srážek do půdy. Vegetace a zakrytá půda mají schopnost absorbovat srážkové vody a regulují (snižují) odtok srážkové vody, čímž dochází ke snížení zátěže pro odtokový systém a minimalizuje se vznik lokálních povodní (CzechGlobe, 2017; Moldan, 2015).

Porovnání odtoku srážkových vod, ovlivněného pokryvem, ukazuje následující obrázek č. 2. V pravé části obrázku je znázorněno urbanizované území specifické nepropustným povrchem, a to na celkové ploše povodí od 75 % do 100 %. V tomto případě až 55 % objemu vody odchází povrchovým odtokem. Naopak v povodí (na obrázku vlevo), kde je specifický přirozený vegetační pokryv, je typické, že se infiltuje až 50 % objemu srážkové vody (Vítek a kol., 2015).



Obr. 2: Odtok srážkových vod v přírodném a urbanizovaném povodí - porovnání (zdroj: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR, 2015)

## Regulace kvality ovzduší

Kromě toho, že ekosystémy dodávají látky do ovzduší, látky z ovzduší také zachycují a pohlcují. Vegetace funguje v tomto směru jako filtr. Nejefektivnější jsou v tomto případě stromy, a to kvůli hrubosti povrchu a velkým korunám. Zároveň vegetace umožňuje produkci vlhkosti (prachové částice se váží na vodu – urychlení sedimentace) a snížení rychlosti proudění vzduchu (Moldan, 2015; CzechGlobe, 2017).

## 2.2 Zásobovací přínosy

Zásobovacími službami se rozumí vyprodukované statky, které člověk získává z ekosystémových opatření. Takovými statky jsou například produkce biomasy, pitné vody či potravin (čerpané z živočichů, rostlin a mikroorganismů). V případě produkce biomasy se nejvíce hovoří o rostlinné biomase, která se využívá pro energetické účely – např. dřevo. S produkcí plodin (např. ovoce, zelenina apod.) a biomasy ve městě se můžeme setkat hlavně v komunitních zahradách, městských farmách či zahrádkářských koloniích (CzechGlobe, 2017). Za další přínosy lze považovat též zdroje léčiv nebo biochemikálií (Moldan, 2015)

## 2.3 Kulturní přínosy

Přínosy kulturních služeb mají podobu nemateriálních užitků, které člověk získává z ekosystémů pomocí rekreace a estetických prožitků, reflexe, duchovního obohacení nebo kognitivního rozvoje. Mezi ně patří např. rekreace, náboženské a duchovní hodnoty, estetické hodnoty, vzdělávací a výchovné hodnoty apod. Možnost rekreování má mnoho pozitivních

dopadů také na zdraví jednotlivce, jako je například snížení stresových hormonů, podpora imunitního systému, snížení krevního tlaku aj. Vizuální nárůst estetických hodnot v ulicích je všeobecně známý (např. estetické projevy zeleně v průběhu roku). Zeleň v ulicích, parcích nebo obecně řečeno v urbánním prostředí je ceněná zejména pro svou barevnost, neustálou proměnlivost či pro rozmanitost detailů (Moldan, 2015; CzechGlobe, 2017).

Z výše uvedeného vyplývá, že ekosystémové služby jsou velmi rozsáhlé a navzájem spolu těsně souvisejí. Nesmíme ovšem zapomínat na skutečnost, že existují ještě další přínosy, jako jsou například úspory energií, zvýšení hodnoty nemovitostí a mnohé další (CzechGlobe, 2017).

### **3 Katalog ekosystémových adaptačních opatření**

Z přínosů opatření lze odvodit užitky plynoucí z realizace ekosystémových adaptačních opatření. Přínosy z těchto opatření jsou navzájem odlišné, avšak je důležité si uvědomit, že to vždy závisí na vybraném druhu opatření. V některých případech si mohou být přínosy naopak velmi podobné.

V současné době a při možných dostupných zdrojích rozlišujeme několik typů ekosystémových adaptačních opatření<sup>1</sup>:

- Propustné a polopropustné povrchy
- Vegetace v urbánním prostředí
- Extenzivní a intenzivní zelené střechy
- Extenzivní, semi-intenzivní a intenzivní zelené zdi
- Městské parky a lesoparky
- Vodní plochy v urbánním prostředí
- Komunitní zahrady a zahrádkářské kolonie
- Obnova postranních ramen, břehové porosty
- Udržitelný městský odvodňovací systém

Na následujících stránkách jsou uvedeny informace o současných a nejběžnějších ekosystémových adaptačních opatřeních včetně jejich přínosů a omezení realizace.

---

<sup>1</sup> Seznam opatření byl převzat ze stránek CzechGlobe ([www.opatreni-adaptace.cz](http://www.opatreni-adaptace.cz)) a upraven na základě jiných dostupných informací a dat.

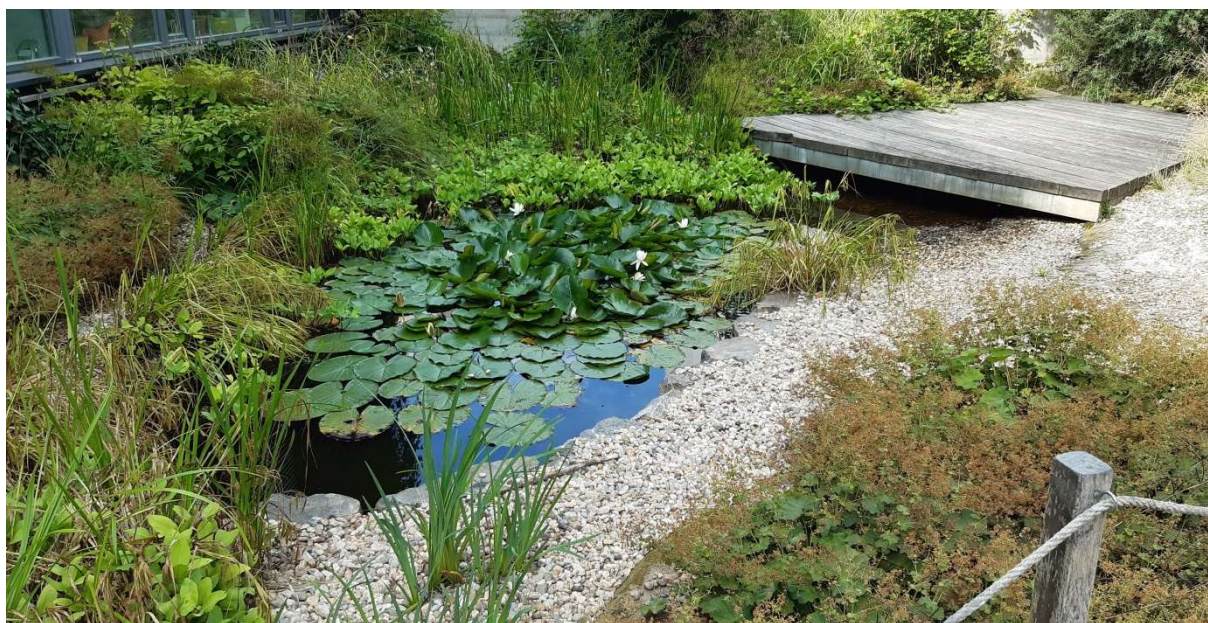
# KATALOG



*Obr. 3: Otevřená zahrada v Brně  
(zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)*



*Obr. 4: Otevřená zahrada v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)*



*Obr. 5: Přírodní kořenová čistírna v Otevřené zahradě v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)*



# I. Propustné a polopropustné povrchy

## Popis opatření

Použití asfaltu a betonu jako nepropustných materiálů je velmi rozšířené. Právě tyto materiály zabraňují dešťové vodě vsáknout se do půdy. Voda je v městských aglomeracích převážně odvedena kanalizací, ve většině případů do čistírny odpadních vod a poté do našich řek. V ČR jsou všechny vody odvedeny z našeho území pryč, a tudíž musíme dbát na to, aby se většina dešťových vod zasakovala na našem území, a tím doplňovala naše zdroje podzemní vody. K tomu přispívají plochy s polopropustným a propustným povrchem.

Do opatření plochy s polopropustnými a propustnými povrchy zařazujeme zejména zatravněnou plochu, povrch ze štěrku nebo kamenné drti, vegetační tvárnice, štěrkový trávník, zatravněné voštiny, porézní dlažbu, dlažbu se zatravněnými spárami, dřevěné rošty a dřevěnou dlažbu (Ústav pro ekopolitiku, o. p. s, 2009). Všechny tyto plochy umožňují především zasakování dešťové vody či tajícího sněhu, ale kromě jejich primární funkce zasakování také snižují hlukovou zátěž. A to je právě způsobené porézností těchto ploch. Některé výše zmíněné plochy dokážou infiltrovat až 80 % vody v závislosti na různých faktorech (druh povrchu, podloží, sklon svahu, frekvence údržby, intenzita srážek apod.) (CzechGlobe, 2017).

Realizace opatření tedy závisí na nejrůznějších faktorech (stávající využití daného území, druh zvoleného povrchu, sklon svahu, druh podloží apod.). U některých realizačních opatření je potřebné dobudovat mimo jiné další infrastrukturu, která odvede přebytečnou vodu mimo danou plochu. Může jít například o zasakovací průlehy, poldry či různé typy retenčních nádrží.

Jakým způsobem mohou obyvatelé urbanizovaného území změnit zpevněné a nepropustné plochy na propustné, se lze inspirovat například v publikacích „Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku“ a „Praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování“, které vydal Ústav pro ekopolitiku, o. p. s., ve spolupráci s Asociací pro vodu ČR a Fakultou stavební ČVUT v roce 2009.

## **Přínosy opatření**

Prospěchů z ploch, které jsou polopropustné či propustné, je větší množství. Jde například o zasakování vody, kdy dochází k regulaci povrchového odtoku, a tím k menším záplavám. Mezi další přínos řadíme také regulování teploty a mikroklimatu ve městě (zvýšení transpirace vody vegetací, snížení efektu městského tepelného ostrova), protihlukovou funkci, protierozní funkci nebo zvyšování kvality vody, kdy dochází k tomu, že propustné povrchy fungují jako filtr a zachytávají některé polutanty (CzechGlobe, 2017).

## **Omezení realizace opatření**

Pokud chceme realizovat některá opatření, můžeme narazit na různá omezení. Je potřeba znát propustnost půd či geologického podloží, na kterém tato opatření chceme realizovat. Může totiž dojít k tomu, že voda se dostatečně neabsorbuje a dojde k jejímu vzduť, které poškodí povrch. Propustné povrchy nemůžeme dále realizovat na místech s velkým sklonem, protože může dojít k odvodu vody tam, kde voda může poškodit okolní stavby či zařízení. K omezením patří i nosnost některých materiálů, zvláště betonových (neúměrné zatížení půdy), či kontaminace půdy a dále vodních zdrojů závadnými látkami (betonové propustné povrchy většinou neobsahují jakoukoliv zábranu, která by mohla pomoci k separaci závadných látek).

Jednou z dalších nevýhod, která se v praxi potvrdila, bylo nadměrné přehřívání a vysušování povrchu (betonové prvky), které dále díky pedokompakci neumožňuje infiltraci srážkové vody, a tím dochází ke snížení zásobování vegetace srážkovou vodou.



*Obr. 6: Polopropustný povrch, který byl použit na parkoviště, Praha – Čakovice (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*



*Obr. 7: Polopropustný povrch sloužící jako parkoviště, Plzeň (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

## II. Vegetace v urbánním prostředí

### Popis opatření

Do této kategorie můžeme řadit vegetaci jako takovou, jako jsou například stromy a veškeré rostliny (stromořadí, zelené pásy, zelené zdi) v jakémkoliv prostorovém uspořádání. Mohou to být např. jak solitéry, tak stromořadí podél městských toků, komunikací, hřišť, náměstí, nebo shluky stromů v zahradách, parcích apod.

Kromě funkce edafické, fyto biologické, zoobiotické, přírodoochranné a hydrické mají stromy také funkci klimatickou (Supuka a kol. 1991).

### Přínosy opatření

Stromy můžeme považovat za nejdůležitější prvky městské zeleně. Do této kategorie však řadíme i ostatní druhy vegetace – viz popis opatření. Kromě estetické funkce těchto opatření produkuje vegetace biogenní prvek, tj. kyslík, zachycuje prachové či jiné škodlivé částice, snižuje hlukovou zátěž, ovlivňuje hydrologii (ovlivnění hydrologického cyklu městského území, a to tím, že vegetace reguluje odtokové špičky a objemy odtoků), zvlhčuje vzduch, uvolňuje různé silice, které mohou být lidskému organismu příjemné i prospěšné, skýtá útočiště pro početné druhy flóry a fauny a dokáže účinně zmírnit teplotní výkyvy v urbánním prostředí (Novák a Stránský, 2008; Pokorný a kol. 2018). Kromě regulačních funkcí jsou zde i kulturní přínosy opatření a v menší míře také zásobovací přínosy (v závislosti na umístění opatření).

### Omezení realizace opatření

V této kategorii jsou omezení obdobná, jaká jsou v jiných kategoriích ekosystémových opatření. Můžeme zmínit náročnost na velikost plochy a produkci pylových částic způsobujících alergie. Výběr místa návrhu umístění těchto opatření je velice problematický.



Může dojít ke kolizi stromů (korunou či kořeny stromů) a ochranného pásma inženýrských sítí. A dalším problémem může být nevhodný výběr vegetace (dřeviny mají závlahové nebo prostorové nároky apod.). Pokud se nedodrží určité požadavky na výsadbu stromů, může to vést k jejich postupnému odumírání. Již při samotné realizaci (staveb, oprav komunikací a jiných stavebních činnostech) se může stát, že není dostatečně pochopena důležitost ochrany vegetace a dřevin a dochází tak například k obetonování prostoru v těsné blízkosti stromů, což je z hlediska norem nepřijatelné.



Obr. 8: Městská zeleň na Vršovickém náměstí, Praha (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)



Obr. 9: Ozeleněné Kubánské náměstí, Praha 10 (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)



Obr. 10: Možné využití zeleně, Praha – Palmovka (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)

## III. Extenzivní a intenzivní zelené střechy

### Popis opatření

Jedním z aktuálních trendů, které patří k tzv. „zelenému stavění“, jsou zelené střechy. Je to jedno z opatření, které stejně jako ostatní opatření, pomáhá zmírnit efekt městského tepelného ostrova. Zelené střechy jsou především praktické a mají též environmentální a estetickou hodnotu.

V současné době se můžeme setkat s užíváním různých slovní spojení, jako jsou zelené střechy, travnaté střechy, střešní zahrady či zeleň apod. V oboru zeleně na střechách se používají pojmy zelená střecha (vegetační střecha) a vegetační souvrství. Zelenou střechou označujeme střešní plochu, která je pokrytá vegetačním souvrstvím s vegetací. Vegetačním souvrstvím rozumíme soubor funkčních vrstev<sup>2</sup>, které tvoří vhodné podmínky a prostředí pro život a růst rostlin (Burian a kol. 2016). Na tabulce č. 1 vidíme tyto funkční vrstvy s jejich funkcemi.

Funkční vrstva	Funkce
<b>Vegetace</b>	je souborem rostlin, který tvoří pokryv zelené střechy
<b>Vegetační vrstva</b>	je základním prostředím pro kořenění a růst rostliny a svým fyzikálním, chemickým a biologickým složením a vlastnostmi je k tomu uzpůsobena
<b>Filtrační vrstva</b>	zabraňuje vyplavování drobných částic z vegetační vrstvy do vrstvy drenážní a trvale chrání drenážní vrstvu před zanesením
<b>Hydroakumulační vrstva*</b>	akumuluje srážkovou nebo závlahovou vodu pro potřeby rostlin a zpomaluje odtok srážkové vody do městské kanalizace
<b>Drenážní vrstva</b>	umožňuje dostatečně rychlý a efektivní odtok přebytečné vody k odvodňovacím zařízením
<b>Ochranná vrstva</b>	trvale chrání hydroizolaci střechy před mechanickým poškozením
<b>Separáční vrstva*</b>	odděluje od sebe vrstvy, které by se mohly vzájemně negativně ovlivňovat

<sup>2</sup> Funkční vrstva je vrstva vegetačního souvrství, která plní určitou funkci nepostradatelnou pro bezchybnou a nepřetržitou existenci vegetace na střeše. Existuje též polyfunkční vrstva, která plní několik funkcí současně, např. nopová fólie - plní funkci jak hydroakumulační, tak drenážní (Burian a kol. 2016).

<b>Kořenovzdorná vrstva**</b>	ochranná vrstva proti prorůstání kořenů, chrání hydroizolaci střechy před poškozením kořeny rostlin
-------------------------------	---

\* Nemusí být součástí vegetačního souvrství, používá se v opodstatněných případech.

\*\* Samostatná ochranná vrstva proti prorůstání kořenů rostlin se používá spíše výjimečně, a to v případech, kdy stávající hydroizolace není odolná proti prorůstání.

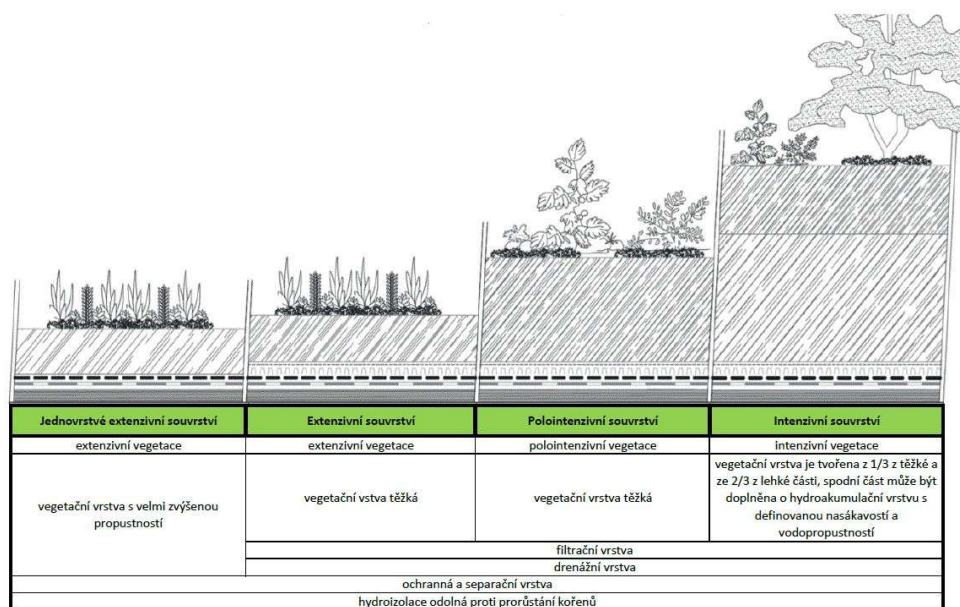
Tab. 1: Funkční vrstvy vegetačního souvrství (zdroj: Burian a kol. 2016; upraveno)

## Dělení zelených střech (druhy)

Zelené střechy lze dělit z různých hledisek. Podle autorů Dostal a kol. (2017) je můžeme dělit například podle druhu vegetace, přístupnosti (pochozí, pobytové, nepochozí), skladby vegetačního souvrství (vícevrsteví, jednovrsteví), sklonu (šikmé, ploché aj.), prostorové vazby na terén nebo podle převažující funkce (pěstební, retenční, zvýšení biodiverzity).

Nejznámější rozdělení vegetačních střech je podle druhu vegetace. Tímto způsobem je dělíme na intenzivní, polointenzivní a extenzivní (Dostal a kol., 2017). Toto rozdělení se může však kombinovat jako na obrázku č. 11, kde vidíme rozdělení na základě druhu vegetace a skladby vegetačního souvrství (Burian a kol., 2016).

Kombinace může být na základě požadavků na využití, vzhled či údržbu střech. Stále je však nutné dodržovat obecné zásady a potřeby jednotlivých druhů vegetace (Dostalová a Petříček, 2012).



Obr. 11: Členění podle druhu vegetace a skladby vegetačního souvrství (zdroj: Burian a kol., 2016; upraveno)

Na obr. č. 11 je názorná ukázka jednotlivých typů vegetačních střech. Jak již bylo zmíněno, tak třídění vegetačních střech se může v mnoha případech i značně lišit. Některé odborné zdroje rozlišují pouze extenzivní a intenzivní vegetační střechy, avšak rozdělení může záviset na mnoha dalších faktorech (např. na určení podle mocnosti souvrství nebo na použití druhové skladby vegetace). Pro tuto práci jsem vybrala následující třídění, a to z důvodu detailnějšího rozebrání vegetačních střech a jejich pochopení z různých hledisek.

### Extenzivní vegetační střechy

Extenzivní vegetační/zelené střechy lze charakterizovat jako střechy s nenáročnou vegetací. Tyto střechy jsou nenáročné na údržbu (kontrola obvykle 1 až 2krát ročně, hnojení či likvidace nežádoucí vegetace) a vegetace na nich je schopná se udržet bez pravidelné závlahy. Vegetace extenzivních střech tvoří rostliny, které jsou schopné se přizpůsobit extrémním podmínkám a zároveň mají vysokou úspěšnost na regeneraci. Mezi typy porostů těchto střech řadíme například mechy, rozchodníky, byliny a trávy, sukulenty nebo některé druhy cibulovin apod. (Dostalová a Petříček, 2012; Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016). Mocnost souvrství se obvykle pochybuje v rozmezí 60 – 150 mm. Některé druhy stepních trávobylinných typů porostů potřebují souvrství o mocnosti až 200 mm, oproti tomu některým druhům sukulentů stačí i mocnost souvrství 40 mm. U těchto střech se počítá s určitým vývojem (přirozenou sukcesí) a se spontánním výskytem dalších druhů vegetace, které nebyly použity při realizaci extenzivních vegetačních střech (Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016).

### Polointenzivní (semi-intenzivní) vegetační střechy

Jakýmsi přechodným typem mezi extenzivní a intenzivní vegetační střechou jsou polointenzivní (semi-intenzivní) vegetační střechy. Na tento typ střechy můžeme navrhnout nejen umístění stejné vegetace, jaká je na extenzivních střechách, ale i například dřeviny, trvalky apod., tj. vegetace, která je náročná na údržbu a na skladbu vegetačního souvrství a na potřebu živin a závlahy. Zároveň se zde nepočítá se spontánním výskytem dalších druhů, které nebyly použity při realizaci vegetační střechy (Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016).

## Intenzivní vegetační střechy

Na rozdíl od extenzivní zelené střechy jsou intenzivní vegetační střechy známé pro jejich využití k pobytu osob a svou estetičností se podobají zahradám na rostlém terénu. Kromě pobytu osob a své estetické funkce mohou mít funkci i produkční (např. záhony s produkcí potravin).

Mocnost souvrství je obvykle vyšší než 300 mm a tomu odpovídá i náročnost na vodu a živiny a potřebnou údržbu (závisí na vybraném druhu vegetace). Mezi porostem na intenzivních střechách mohou být zastoupeny prakticky všechny jeho typy, např. trvalky, keře, stromy, užitkové rostliny, trávnik apod. Povrch těchto střech je často modelován a v některých případech může být mocnost souvrství i nižší (záleží na typu rostlin a jejich umístění) (Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016; CzechGlobe, 2017; Dostalová a Petříček, 2012).

### **Přínosy opatření**

Z hlediska ekosystémových služeb poskytují vegetační střechy celou řadu užitků, které mají pozitivní dopad pro urbánní prostředí. Vegetační/zelené střechy mají různorodé funkce a jsou navzájem propojené (Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016). Účinnost těchto funkcí záleží například na rozsahu střech, množství vegetace a na skladbě vegetačních vrstev.

Zelené/vegetační střechy jsou jednou z možností, jak úspěšně kompenzovat negativní vlivy „umělé“ výstavby a vytvořit tak příjemná místa pro relaxaci obyvatelstva. Zlepšují též celkový vzhled měst a krajiny. Objekty se zelenou střechou jsou stále více žádané jak v komerční, tak v soukromé sféře. Zlepšují mikroklima bytových jednotek (regulace teploty a mikroklimatu), pracovišť i okolí budov. Zelené střechy také zlepšují image developerům jako lidem, kteří mají kladný vztah a zodpovědnost k životnímu prostředí (Dostalová a Petříček, 2012; CzechGlobe, 2017)

Další budování městské zástavby neustále vytlačuje faunu a flóru. Zelené střechy tento trend mohou zvrátit a poskytnout jim náhradní životní prostor (podpora biodiverzity). Zelené/vegetační střechy umožňují zadržení velkého množství vody a akumulací výkon nezávisí na vlastnostech půdy v urbánním prostředí. Mezi hlavní environmentální funkce patří

zejména zlepšení mikroklimatu<sup>3</sup> (snížení šíření prachových či jiných částic, vyrovnávání výkyvů teplot, zvýšení vlhkosti vzduchu apod.) a zpomalení odtoku vody (pomáhá k návratu vody do přirozeného koloběhu) (Dostal a kol. 2017; Burian a kol. 2016).

Zelené střechy vsakují srážkovou vodou, a tím i zpomalují odtok přebytečné vody do kanalizačního systému měst. Nedochozí tím k přetěžování kanalizační sítě při přívalových deštích<sup>4</sup>. Mezi další typ této funkce patří ochrana hydroizolace před degradací v důsledku UV záření a kolísání teplot, dále snížení hluchnosti skrze nižší zvukové odrazivosti vegetačních ploch (protihluková funkce), ochrana před mechanickým poškozením vlivem vnějších vlivů (např. vítr, krupobití, teplotní výkyvy apod.) zlepšení tepelné ochrany či zvýšení užitné hodnoty nemovitosti apod. (Burian a kol. 2016; Dostalová a Petříček, 2012).

Celkově tyto dvě funkce pomáhají nejen k prodloužení životnosti jednotlivých staveb, ale po stránce ekonomické mohou snížit budoucí náklady na jejich provoz.

### Omezení realizace opatření

Realizace zelených či vegetačních střech mají ovšem jistá omezení. V urbánním prostředí se rozhodně setkáme s nemožností jejich realizace v památkových zónách. Další regulace výstavby ozeleněných střech vyplývá ze stavebních předpisů v daném městském prostředí. Již při návrhu vegetační střechy se musí dbát na to, aby byla zajištěná dostatečná nosnost střešní konstrukce. Z ekonomického hlediska jde o počáteční vyšší investici a musí se počítat s dlouhodobou finanční návratností. Pokud dojde ke komplikacím v hydroizolaci, je velmi obtížné a náročné vady sanovat. V neposlední řadě je tu nutnost zajistit zavlažování při dlouhodobé absenci srážkové vody<sup>5</sup>. To ovšem platí zejména u intenzivní a semi-intenzivní zelené střechy (CzechGlobe, 2017)

---

<sup>3</sup> Pomocí zelené střechy dochází ke snížení její teploty a ke snížení teploty okolí, a to přes evapotranspiraci. Na rozdíl od povrchu konvenční střechy, která může mít dokonce až 50 °C, je teplota povrchu zelené střechy chladnější (Liu a Baskaran, 2003).

<sup>4</sup> Jednou z dalších možností, jak zpomalovat odtok srážkové vody do kanalizační sítě a především vyhovět aktuálním požadavkům správců kanalizační sítě, je budování retenčních a akumulčních nádrží. To platí především u nově budovaných staveb, kde není možnost vsakování přes půdní vrstvy.

<sup>5</sup> V tomto případě ale též záleží na výběru vhodné vegetace, která dokáže odolávat občasným inundancím a zároveň odolává suchu.





*Obr. 12: Zelená střecha v Otevřené zahradě v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)*



*Obr. 13: Zelené střechy budovy ČSOB v Praze - Radlice (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

## **IV. Extenzivní, semi-intenzivní a intenzivní zelené zdi**

### **Popis opatření**

Obecně jsou zelené zdi definované jako zeleň ve vertikální poloze, která je dimenzována na stěnu budov. Budova je zelení buď částečně, nebo zcela pokryta.

Zelené zdi se rozlišují na tři základní typy, a to na extenzivní a semi-intenzivní zelené zdi a intenzivní zelené zdi. Semi-intenzivní a extenzivní zelené zdi tvoří popínavé rostliny. Pro růst popínavých rostlin využívají extenzivní zelené zdi stávající struktury, které slouží jako určitý podpůrný prvek. Zelená zeď typu semi-intenzivní postupně obrůstá podpůrný systém, jako jsou nerezové sítě a lana, který se může jednoduše zřítit na stávajících strukturách. Na rozdíl od předchozích typů využívají intenzivní zelené zdi tzv. pěstební buňky, např. vertikální květináče nebo vegetační panely. Tyto pěstební buňky jsou už přímo integrované v architektonickém a dispozičním řešení budovy (CzechGlobe, 2017).

### **Přínosy opatření**

Zelené zdi poskytují jak regulační, tak i kulturní přínosy a v některých případech i zásobovací ekosystémové služby. Za hlavní regulační službu můžeme považovat regulaci teploty (ovlivnění mikroklimatu – snížení teploty okolí pomocí evapotranspirace), redukci hlukového zatížení, zlepšení ovzduší (snížení prašnosti) a podporu biodiverzity. Mezi další přínos patří jistě ukládání uhlíku a produkce biomasy a popřípadě plodin. V rámci kulturních služeb jde hlavně o estetickou hodnotu.

Z dalších přínosů můžeme zmínit snížení spotřeby energie na vytápění v zimě a úsporu chlazení v létě. Zároveň dochází v menší míře i ke zvýšení celkové hodnoty nemovitosti.



## Omezení realizace opatření

V případě dimenzování některých z typů vertikální zeleně může dojít k možnému omezení realizace ze strany stavebních předpisů. Další omezení může nastat, je-li budova památkově chráněná. Již při návrhu musí být brány v potaz vysoké investiční náklady a samozřejmě náklady na údržbu těchto vertikálních vegetačních zdí (zavlažování, hnojení či plení). Již při návrhu musí být zřejmé, z jakého důvodu se zelená zeď navrhuje, a proto je vzhledem k vysokým investičním nákladům vhodné, aby kromě regulačních funkcí mohly být zelené zdi využity například na sběr vody, nebo aby zeď mohla sloužit jako kořenová čistírna odpadních vod.



Obr. 14: Pěstební buňka z kaskádové zahrady firmy Němec s.r.o. (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)



Obr. 15: Budova firmy LIKO-S (zdroj: e15.cz)



Obr. 16: Semi-intenzivní zeď na budově parkoviště, Plzeň (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)

## V. Městské parky a lesoparky

### Popis opatření

Do této skupiny opatření řadíme městské parky (nebo parky na okrajích měst, tzv. příměstské parky), botanické a zoologické zahrady, arboreta, zelené prostory mezi jednotlivými bloky domů apod. Obdobně jako u ostatních opatření, kde se vyskytuje zeleň, zde má nezastupitelnou úlohu transpirace (popř. intercepce). Chladicí účinek městských zelených prostor není spojen pouze s procesem evapotranspirace, ale též se zastíněním (Oke, Crowther, McNaughton, Monteith, Gairdiner, Barry, 1989).

V části práce o dopadech vegetace a vody v parcích na mikroklima v průběhu léta bylo zmíněno, že během letních dnů se sledoval vliv stromů, vegetace a vodních ploch v městském parku na mikroklima uvnitř parku v Pekingu. Výsledky opravdu potvrdily, že park je během dne chladnější a zároveň je v parkovém prostředí zvýšená vlhkost vzduchu. Zároveň se konstatovalo, že shluky stromů v městském parku s přízemní vegetací mají vyšší chladicí účinek, než jednotlivé stromy, tráva a vodní toky. Ke zlepšení chladicího účinku trávy přispělo i její zavlažování, což má podobný účinek, jako malý vodní tok během slunečných letních dnů bez větru (Amani-Beni, Zhang, Xie, Xu, 2018).

### Přínosy opatření

Užitků tohoto typu opatření je mnoho a patří z hlediska poskytování kvality služeb k jednomu z nejlepších. Mezi regulační služby řadíme především regulaci teploty a mikroklimatu, protierozní funkce (vegetace pomáhá stabilizovat půdu a snižuje možnost sesuvu půdy), protihlukové funkce, regulace odtoku, ukládání velkého množství uhlíku, regulace srážkové vody, snížení množství polutantů v ovzduší apod. Kromě těchto služeb sem zařazujeme i zásobovací užitky (např. produkce plodů) a kulturní přínosy (rekreační, duchovní, vzdělávací apod.) (CzechGlobe, 2017). Městské parky také podporují udržení a rozvoj biodiverzity.

Všechny tyto přínosy mohou mít velký užitek v závislosti na velikosti plochy a množství stromů a vegetace.

## Omezení realizace opatření

Omezení realizace této kategorie opatření je například v jejich umístění. Pro větší redukci městského tepelného ostrova jsou zapotřebí tato opatření navrhovat a následně realizovat na větší ploše území. Za škody, které mohou nastat špatným stavem stromů (a vegetace), za údržbu a obměnu starších stromů za mladé je odpovědné město (v některých případech však u těchto činností dochází k příliš dlouhé prodlevě). Další omezení spočívá také opět v tom, že některé druhy vegetace produkují pyly, které mohou způsobovat v různé výši alergické reakce. A v některých situacích mohou stromy s vyšší korunou způsobovat blokaci ve výhledu z budov (CzechGlobe, 2017).



*Obr. 17: Zámecký park Čakovice (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

## VI. Vodní plochy v urbánním prostředí

### Popis opatření

Jezírka, rybníky, retenční nádrže, mokřady, vodní toky, kořenové čistírny a další otevřené vodní plochy jsou bezpochyby takové vodní útvary, které tvoří nedílnou součást městského prostředí. Návrh těchto opatření závisí především na velikosti pozemků a na tom, s jakým úmyslem chceme vodní plochu navrhnout (regulace odtoku, čištění vody, estetická a rekreační funkce apod.). Návrhy nevyklučují ani možnost kombinace vodních ploch, aby se dosáhlo plného využití jejich ekosystémových přínosů.

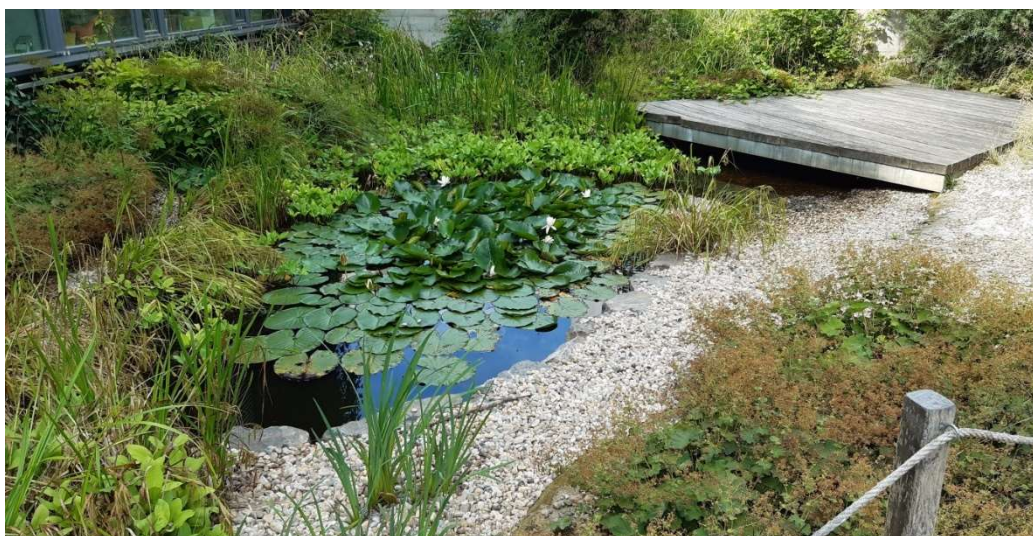
### Přínosy opatření

Vodní plochy v urbánním prostředí mají především v letních měsících regulační účinek na mikroklima městského prostředí (Hong, Teng, Renlong, 2017). Mezi další regulační přínosy patří také čištění a zlepšování stavu vody (např. kořenová jezírka, mokřady) nebo regulace odtoku, kdy vodní plocha může sloužit i jako zdržení odtoku srážkové vody. Kromě svých regulačních přínosů poskytují též tyto plochy útočiště pro různé druhy flóry a fauny, což vede k zachování biodiverzity ve městě (jezírka, průtočné retenční nádrže či další přírodě blízké otevřené vodní plochy). Vodní plochy ve městech ovlivňují mikroklima díky evaporaci. Tímto fyzikálním procesem dochází ke snížení teploty prostředí (evaporace je vždy provázena podstatným odnímáním tepla a dochází též k ochlazování vypařujícího povrchu) a snížení efektu městského tepelného ostrova (CzechGlobe, 2017; Klabzuba a Kožnarová, 2004). Kromě regulace teploty a mikroklimatu mají vodní plochy v urbánním prostředí též zásobovací funkci a především pro obyvatele městského prostředí rovněž funkci rekreační.



## Omezení realizace opatření

Vodní plochy mají ve většině případů velké požadavky na velikost, a proto je třeba se při návrhu řídit především velikostí pozemku. Toto opatření zároveň nelze realizovat na pozemcích, které mají příliš velký sklon. Mezi další omezení patří monitoring a údržba vodních ploch. Zejména kvůli stavu eutrofizace a nánosu sedimentů je nutné provádět pravidelnou údržbu dna a břehů (odbahňování) (CzechGlobe, 2017).



Obr. 18: Kořenová čistírna v Otevřené zahradě v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)



Obr. 19: Průtočná umělá nádrž – obnova Mlýnské strouhy – „Plzeňské Benátky“, Plzeň (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)

## **VII. Komunitní zahrady a zahrádkářské kolonie**

### **Popis opatření**

Komunitní zahrady a zahrádkářské kolonie bývají v dnešní době velmi populární, a to především z hlediska pěstování a produkce plodů a trávení volného času v přírodě. Do této kategorie můžeme řadit obhospodařované pozemky, kterými mohou být brownfieldy, opuštěné a nevyužité prostory, vnitrobloky apod. Ve většině případů jde o otevřené prostory, které může využívat široká veřejnost. V komunitních zahradách si může jednotlivec či skupina obyvatel pronajmout pytle pro své individuální pěstování plodin. V zahrádkářských koloniích naopak nalezneme větší prostor pro zahradnickou a zahrádkářskou činnost. Na rozdíl od komunitních zahrad jsou zahrádkářské kolonie prostorově větší, což je dáno především tím, že některé zahrádkářské kolonie se nachází na okrajích měst, kde jsou dosud nezastavěné oblasti. Komunitní zahrady a zahrádkářské kolonie rovněž pomáhají k částečné potravinové soběstačnosti.

### **Přínosy opatření**

Přínosy zahrádkářských kolonií a komunitních zahrad jsou téměř totožné. Liší se jen nepatrnými změnami, a to zejména v celkové míře přínosů, protože zahrádkářské kolonie mají ve většině případů velké prostorové možnosti.

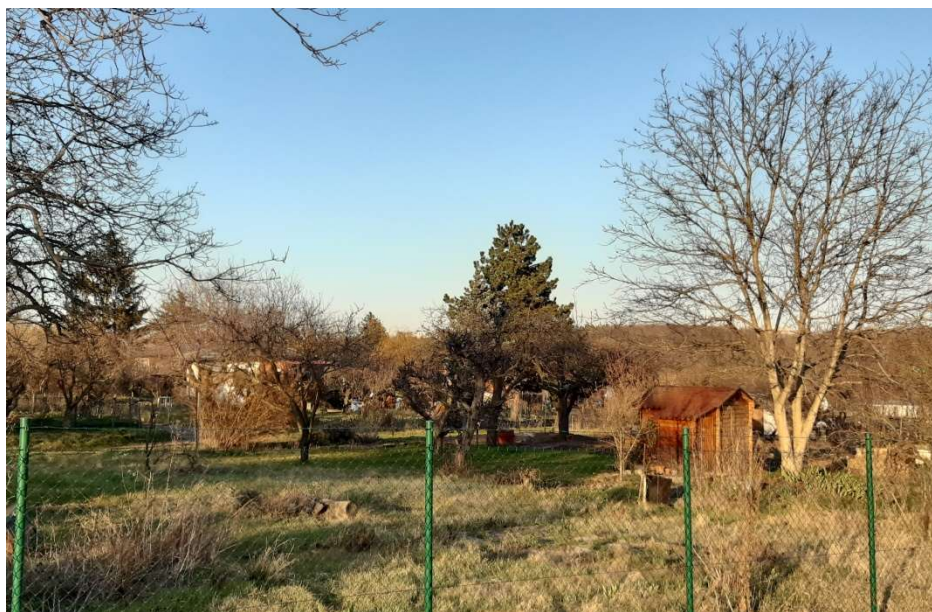
Vegetace v zahrádkářských koloniích a komunitních zahradách zadržuje a pomocí evapotranspirace snižuje teploty okolí (což přispívá k redukci efektu městského tepelného ostrova). Stejně jako u ostatních ekosystémových opatření zde můžeme uvést (z regulačních přínosů) například tvorbu biotopu (podpora biodiverzity), protierozní funkci a částečnou protihlukovou funkci a možnost v menší míře ukládat uhlík (záleží na návrhu komunitní zahrady). Z hlediska produkce potravin je zásobovací přínos významný. Zároveň komunitní



zahrady i zahrádkářské kolonie přináší možnost zpracování organického odpadu (kompostování). A v neposlední řadě toto opatření má i své kulturní přínosy, kterými může být například vzrůst estetické hodnoty, a tím i nárůst hodnoty nemovitostí, které se nacházejí v nejbližším okolí, a dále vzdělávací rozvoj či možnost rekreace (CzechGlobe, 2017).

### Omezení realizace opatření

I když přínosů komunitní zahrady nabízejí mnoho, může dojít v prostorách možného návrhu komunitních zahrad i k realizaci jiných návrhů (jak ze stran občanů, tak developerů), které mohou vést k navýšení nepropustných ploch. K dalším omezením mohou patřit například rozličné majetkové poměry, časové nároky na vyjednávání (pokud je větší počet aktivních účastníků), nevhodná aplikace pesticidů a hnojiv (negativní vlivy na biodiverzitu v okolí, vodu a půdu). Komunitní zahrady též vytvářejí prostor pro výskyt invazních druhů rostlin.



Obr. 20: Zahrádkářská kolonie v Dolinské ulici, Praha 10 (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)

## **VIII. Obnova a zakládání postranních ramen, břehové porosty**

### **Popis opatření**

Zakládání postranních ramen, jako jsou tůně a mokřady či jejich obnova a obnova břehových porostů podél vodních toků v intravilánu urbánních oblastí, je považováno v současné době za stejně důležité jako jiná ekosystémová opatření. Tůně a mokřady dokáží během přívalových dešťů zachytit velké množství srážkové vody a v době sucha mohou být naopak výborným zdrojem vody pro okolní krajinu. Naproti tomu břehové porosty realizované v okolí říční nivy a vodního toku přinášejí řadu zlepšení těchto ekosystémů. Obnova břehových porostů je realizována v závislosti na revitalizaci vodních toků a tato obnova přináší spolu s revitalizací redukci celkového průtoku vody, což má za následek snížení rizika místních záplav.

### **Přínosy opatření**

Přínosy realizace těchto opatření jsou z pohledu regulačních funkcí nadměrná. Kromě zjevné regulace teploty a ovlivnění mikroklimatu (snížení efektu městského tepelného ostrova) pomáhají při čištění srážkových vod (například v případě mokřadů a břehových porostů – odstraňování dusíku). Dochází například k podpoře, zvýšení a zlepšení biodiverzity, ukládání uhlíku a důležitá je také protierozní funkce. Jak již bylo v popisu opatření uvedeno, dochází k regulaci vody a k redukci jejího celkového objemu. V městském prostředí přinášejí tůně a mokřady rekreační přínosy ve formě výchovných a vzdělávacích hodnot, zvýšení estetických hodnot či rekreace a dalších.



## Omezení realizace opatření

Při realizaci tůní, mokřadů a při obnově břehových porostů při celkových revitalizacích vodních toků v intravilánech měst je zapotřebí znát majetkové poměry na pozemcích, hydrologické a odtokové poměry či morfologii terénu v místě návrhu. Při komplikacích totiž mohou být v některých případech velkým omezením. Dále jsou zde větší investiční náklady na realizaci a větší náročnost na celkovou potřebnou plochu. A konečně je třeba zmínit nutnost monitorovat opatření a provádět pravidelnou údržbu opatření v závislosti na druhové skladbě břehových porostů (obdobně jako u opatření s názvem – Vodní plochy v urbánním prostředí).



*Obr. 21: Významný krajinný prvek „Mokřady Triangl“, Praha (zdroj: fotoarchív autorky, 2020)*

## **IX. Udržitelné městské odvodňovací systémy**

### **Popis opatření**

Udržitelné městské odvodňovací systémy v urbánních oblastech jsou takové systémy, které jsou tvořeny souborem různých prvků (různými typy opatření). Na rozdíl od konvenčních odvodňovacích systémů se udržitelné městské odvodňovací systémy navrhuji s přírodě blízkým charakterem (a to jak odvodňovací kanály, tak i recipienty). Hlavní úkolem těchto systémů je udržet vodu v urbanizovaném území, a to za účelem regulace povrchového odtoku, snížení rizika povodní při přívalových srážkách a regulace teploty a mikroklimatu (CzechGlobe, 2017).

### **Přínosy opatření**

Jak již bylo v popisu opatření řečeno, jde především o regulaci teploty a mikroklimatu, regulaci povrchových odtoků, o ukládání uhlíku a o retenci srážkové vody. Kromě předchozích regulačních přínosů existují i případy, kdy může dojít ke zlepšení stavu kvality odvodňované vody, a to pomocí dvoufázových dešťových zahrad, které jsou vysoce účinné při odstraňování dusičnanů, fosfátů a dalších látek (Yang, Dick, McCoy, Phelan, Grewal, 2013). Z kulturních přínosů lze jmenovat např. zvýšení estetické hodnoty, podpora biodiverzity (tvorba biotopů) nebo rekreační funkce.

### **Omezení realizace opatření**

Omezení těchto opatření souvisejí především se značnými realizačními náklady. Dalším omezením jsou například stavební předpisy jednotlivých měst nebo památková ochrana (CzechGlobe, 2017). Realizace těchto opatření se ve většině případů spojuje s jinou investiční akcí a i přesto se nenavrhují v takové míře, ve které by bylo zapotřebí. Problém se může vyskytnout také při samotné realizaci, kdy může dojít k odhalení nezakresleným

inženýrských sítí, a tím k omezení prostoru realizace jednoho prvku opatření (který souvisí s udržitelným systémem městského odvodnění), a proto nedojde k naplnění účinnosti odvodnění.



*Obr. 22: Odvodnění střech bytových domů, Praha  
(zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*



*Obr. 23: Odvodnění střech panelových domů do jezírka v Parku pod  
Plachtami (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*



*Obr. 24: Lochotínský park v Plzni – tůň napájená dešťovou vodou  
(zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*



## 4 Příklady dostupných technologií, poznatků a využití ekosystémových adaptační opatření v praxi

Následující kapitoly obsahují soubor využití nejrůznějších dostupných technologií na trhu, poznatky a příklady ekosystémových adaptačních opatření v praxi.

### 4.1 Příklad využití propustných materiálů

#### AS-TTE ROŠT

V současné době je na trhu k dispozici výrobek AS-TTE ROŠT. Tyto rošty představují ve skutečnosti náhradu za betonové tvárnice (jde o tedy lepší ekologickou variantu zpevnování povrchů). Jsou vyrobeny z recyklovaného plastu a jsou únosné, odvodňují a umožňují zatravnění. Dále jsou odolné proti tlaku a deformaci a díky možnému prostorovému spojení dojde k optimálnímu rozložení tlaku na plochu. Kromě úspory nákladů na podkladní vrstvy mají rošty též ekologickou funkci, a to díky podkladní vrstvě, která pomáhá k sorpci a zachycení nerozpuštěných látek (uhlovodíky, těžké kovy). Rošty se též hodí pro ochranu kořenů stromů. Rošty se mohou použít buď k zatravnění, nebo k osazení dlažby. V obou dvou případech poskytují odvodnění dešťové vody do půdy.

Jejich využití je široké, například ke zpevnění cest, na povrchu sportovišť, v parcích, na parkovištích apod. Příklad využití ukazují obrázky č. 25 a 26.



Obr. 25: Zasadovací rošty (zdroj: asio.cz)



*Obr. 26: Využití AS-TTE roštů na parkovišti (zdroj. asio.cz)*

## **4.2 Příklady využití vegetačních/zelených střech**

Počet realizací zelených střech v dnešní době značně vzrostl. Příklady úspěšných a známých realizací jsou uvedeny níže.

Jedna z nejznámějších a určitě rozsáhlých vegetačních střech v ČR se nachází na budově ústředí ČSOB v Praze Radlicích (viz obrázek č. 27).



*Obr. 27: Zelená střecha na budově ústředí ČSOB v Radlicích (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

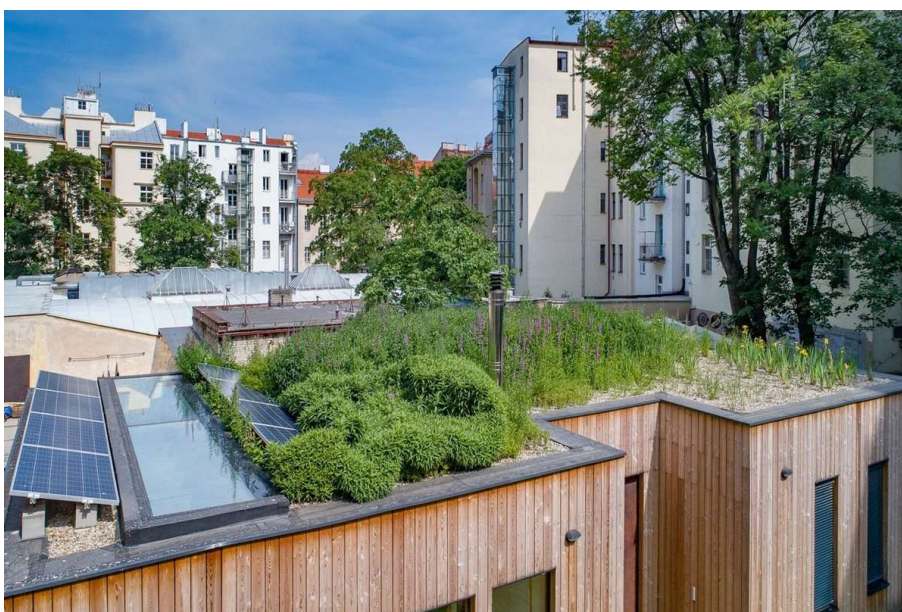


Dalším příkladem, kde je možné umístit částečně zelenou střechu, jsou například stavební buňky (viz obrázek č. 28).



Obr. 28: Částečná zatravněná střecha buněk v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)

Jedním z dalších zajímavých případů využití zelené střechy, která slouží zároveň jako mokřadní čistírna odpadní vody, je rodinný dům situovaný ve vnitrobloku v centru Prahy. Jde konkrétně o pasivní budovu s kombinací čistírny odpadních vod. Vyčištěná voda se používá na splachování WC domu (toto pročištění a opětovné použití odpadní vody šetří více než 40 % spotřeby pitné vody).



Obr. 29: Dům s mokřadní střechou v Praze (zdroj: adaptterraawards.cz)

### 4.3 Dešťové zahrady

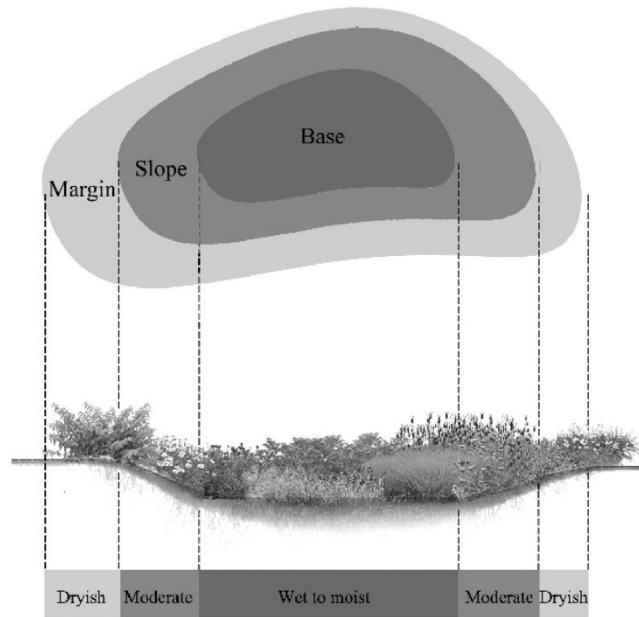
Zavlažování zahrad je v dnešní době problematickou záležitostí. Změny počasí nás stále více nutí používat vodu z vodovodního řádu, resp. vodu pitnou. Z ekonomických důvodů si proto lidé pořizují na své zahrady sudy na dešťovou vodu, retenční nádrže atd. Takto získanou dešťovou vodou se pak zavlažují záhony na zahradě. A aby nedocházelo k přetečení při přívalových deštích, mají většinou tyto sudy nebo nádrže bezpečnostní přepady, které většinou vedou do drenážních trubek nebo jiných zasakovacích objektů na zahradách.

Existují však také zahrady, které mohou sloužit jak k retenci, tak také k zasakování. To jsou tzv. dešťové zahrady (rain gardens) neboli bioretenční systémy. Dešťové zahrady tvoří mělké prohlubně, které jsou doplněny o rostliny. Tyto rostliny snášejí specifické podmínky střídavého zaplavení vodou (Pančíková, 2019). Dešťové zahrady představují přirozený proces hydrologického cyklu vody, jakým je evapotranspirace a infiltrace. Dochází tedy ke snížení průtoku vody, skrze infiltrace doplňují zásoby podzemní vody, zvyšují biodiverzitu a navíc vegetace působí jako filtr pro dešťové vody. První zmínky o dešťových zahradách můžeme najít v roce 1990 ve státě Maryland v USA. Od té doby se využívají například v Japonsku, Číně, Austrálii a v dalších zemích (Osheen, 2019).

Avšak jejich využití se nezužuje pouze na soukromé zahrady, ale možné jsou též v ulicích měst. Ve městech by realizace dešťových zahrad mohla snížit například objem vody v kanalizacích (během přívalových dešťů). Zároveň by došlo ke zvětšení plochy zeleně v ulicích, a to, jak již bylo zmíněno, může být účinnou strategií ke zmírnění účinků UHI, kdy dojde ke snížení akumulací tepla na městském povrchu (Jacobs a kol. 2018).

Typickou dešťovou zahradu lze rozdělit na tři vlhkostní zóny. První, mokrá zóna, kterou můžeme nazvat jako základnu, je nejhlubší a většinu času se tu drží nejvíce vody, a proto je tu největší vlhkost (např. stromy - vrba černá, dub dvoubarevný, keře - třezalka hustokvětá, svída modroplochá, dále trvalky a kapradiny - *Equisetum species*, *Iris versicolor*). Ve druhé zóně (střední zóna), která je ve sklonu, je střední stav vlhkosti, ale můžeme očekávat, že i tato část může být rovněž na nějakou dobu zatopená (např. stromy - *Acer rubrum*, *Asimina triloba*, keře - *Spiraea alba*, *Itea virginica*, dále trvalky – *Boltonia asteroides*, *Veronicastrum virginicum*). Třetí, horní okrajová zóna bude vodu přijímat jen občas, a tudíž tu je i minimální vlhkost. Do této zóny se ze stromů hodí například *Carolina silverbell* či *Aesculus pavia* a *A. parviflora*, z keřů to může být *Cornus racemosa* a z trvalek můžeme uvést *Oenothera speciosa* (Danko, 2017; Dunnett a Clayden, 2007).

Schematické rozdělení zón znázorňuje následující obrázek č. 30.



Obr. 30: Schéma zón vlhkosti dešťových zahrad (zdroj: Dunnnett a Clayden, 2007)

Na základě těchto vlhkostních zón se řídíme i výběrem rostlin. Stanovení druhů tolerantních rostlin, které odolávají cyklickým záplavám (v dešťových zahradách), lze určit například pomocí měření růstových charakteristik, jako je výška a množení, fluorescence chlorofylu či SDW, RDW (Yuan a Dunnnett, 2018).

Je potřeba připomenout, že přesný seznam rostlin pro dešťové zahrady nelze stanovit, protože pro každou dešťovou zahradu vybíráme rostliny v závislosti na půdních podmínkách, expozici slunci či stínu a především na množství vody (Danko, 2017).

Jednou ze záporných vlastností dešťových zahrad je zvýšené hromadění kontaminantů v kanalizacích (Laurène Autixier, 2014) a jejich údržba.

Kromě již zmíněných funkcí mohou dešťové zahrady též působit jako velmi dobrý estetický prvek. Dešťové zahrady jsou dalším příkladem využití modrozelených opatření, která mohou pomoci nejen zmírnit efekt městského tepelného ostrova, ale mohou také pomoci při povodních. Zaslouží si jistě nejen pozornost, ale též další výzkum.



## 4.4 Mokřady

Mokřady patří mezi ekosystémy s velkou biologickou rozmaností a jako takové jsou důležitými regulátory klimatu. Mohou přispět například ke snížení rizika přírodních katastrof (např. zmírňují povodně – protipovodňová ochrana), doplňují rezervoáry podzemní vody, napomáhají k čištění vody, skýtají biologickou rozmanitost, rekreaci, snižují znečištění ovzduší, poskytují mokřadní produkty (mokřadní obilniny) apod. (Finlayson M., Davidson, N. 2018; Granata F., Gargano R., Marinis De G., 2020; Ramsar Convention Secretariat, ©2014).

V případě umělých mokřadů tomu není jinak. Lze je definovat jako uměle vytvořené systémy s mělce nebo vodou nasyceným ložem, jenž obsahuje plovoucí, potopenou či vynořenou vegetaci. Tyto mokřady napodobují procesy v přirozených mokřadech. Nicméně umělé mokřady se využívají především k čištění odpadních vod (např. z domácností) (Vymazal, 1995).

Vzhledem k tomu, že umělé mokřady se realizují ve většině případů za účelem čištění odpadních vod, rozdělujeme je následovně:

- a) s plovoucí vegetací
- b) s rostlinami, jež mají plovoucí listy
- c) se submerzní (ponořenou) vegetací
- d) s emerzní (vynořenou) vegetací

Umělé mokřady s vynořenou vegetací tvoří největší kategorii umělých mokřadů. Lze je dále dělit podle absence či přítomnosti vodní hladiny. Pokud umělý mokřad má přítomnou vodní hladinu, jde o umělý mokřad s povrchovým tokem. Pokud mokřad nemá vodní hladinu, jde o umělý mokřad s podpovrchovým tokem. U podpovrchového vodního toku dále rozlišujeme umělé mokřady s vertikálním či horizontálním průtokem. Obsahuje-li čistírna vod horizontální i vertikální průtok vody, jde o tzv. hybridní mokřad (Vymazal, 1995).

Umělé mokřady mohou sloužit nejen k čištění odpadních vod, ale také jako mokřadní biotopy. Cílem těchto biotopů je především akumulace vody, vsakování vod přes půdní vrstvy a také slouží jako zdroj rozmanité biodiverzity (Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2018). Jejich největší předností je evapotranspirace, která následně pomáhá k ovlivnění mikroklimatu (Hudcová, T., 2012).

## 5 Zahraniční inspirace

### 5.1 Čtvrť Augustenborg

V městě Malmö ve Švédsku se nachází rezidentní čtvrť Augustenborg, která byla vybudována v letech 1948 – 1952. V dalších letech se zástavba potýkala s řadou potíží, vyvolaných málo kapacitní kanalizací a frekventovanými záplavami, které měly za následek vážné škody na veřejných prostranstvích a budovách (Vítek a kol. 2015).



*Obr. 31: Otevřené kanály kam jsou svedeny vody ze střech (zdroj: urbanreport.wordpress.com)*

Koncem dvacátého století (konkrétně v roce 1998), došlo k rozsáhlé regeneraci celé oblasti. Kromě jiných záměrů se zde nově řešilo dosud nevhodné odvodnění. Vzhledem k výši nákladů spojených s původním záměrem na přebudování jednotné stokové sítě na oddílnou, přistoupilo se k odpojení rozvodu srážkových vod od jednotné kanalizace a k vybudování systému povrchového odvodnění. Takovéto odvodnění je formou přírodě blízkých protipovodňových opatření.

Srážkové vody z komunikací, parkovišť a střech jsou svedeny povrchovými žlábkami (příkopy) do rybníků a mokřadů. Stávající budovy byly osazeny zelenými střechami (celková

výměra je více než 10 000 m<sup>2</sup> – viz obrázek č. 32) (Vítek a kol. 2015; The European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT, 2014).



*Obr. 32: Variace zelených střech ve čtvrti Augustenborg (zdroj: urbanreport.wordpress.com)*

Změny v infrastruktuře zahrnovaly vytvoření udržitelných městských drenážních systémů, šest kilometrů vodních kanálů a deset retenčních mokřadů a rybníků.

## 5.2 Melbourne

Australské město Melbourne je jedním z velmi úspěšných příkladů hospodaření s dešťovou vodou ve městě. Městem Melbourne vedou tři vodní cesty – řeka Yarra, Marybyrnong a potok Moonee Ponds Creek. Od roku 2002 má Melbourne jasnou vizi o udržitelnosti hospodaření se srážkovou vodou. Prvotním zaměřením bylo zachování vody pro období sucha. V současné době se Melbourne zaměřuje na efektivní využívání vody k zajištění bezpečného, zdravého a obyvatelného města. To zahrnuje přizpůsobení se změně klimatu, protipovodňová opatření a zachycení vody dříve, než je odvodněna ven z území. Pomocí těchto opatření se udrží město chladné a zelené (Vítek a kol. 2015).

Na začátku celého programu byly realizovány modelové projekty, které posloužily jako příklady dobré praxe. Kromě toho se organizovaly semináře a workshopy a dále byly vydány brožury, instrující, jak si svépomocí vybudovat dešťovou zahradu. Do programu byly začleněny jak místní samosprávy, tak též samotní obyvatelé města (Vítek a kol. 2015).

### 5.2.1 Howard Street raingardens

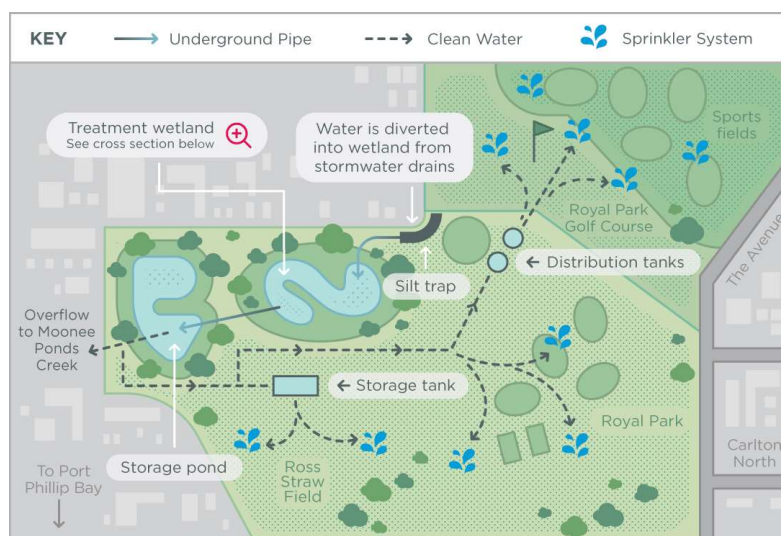
Příkladem realizace ekosystémového opatření jsou dohromady tři dešťové zahrady. Tyto zahrady vyčistí srážkové vody ze silnice ještě dříve, než dešťové vody vstoupí do odtoků. Dvě dešťové zahrady byly realizovány na křižovatce ulic Howard a Rosslyn, kam je dešťová voda svedena z ulice Howard. Do třetí dešťové zahrady je sveden odtok z ulice William.



Obr. 33: Howard Street raingardens (zdroj: urbanwater.melbourne.vic.gov.au)

### 5.2.2 Mokřad Trin Warren Tam-boore

Další z příkladů ve městě Melbourne je mokřad Trin Warren Tam-boore. Do tohoto mokřadu o celkové rozloze 5 hektarů je odvedena srážková voda z okolních předměstí (schéma viz obrázek č. 34). Mokřad vodu čistí a ukládá ji pro zavlažování Royal Parku, rozkládajícího se na 170 hektarech.



Obr. 34: Schéma mokřadu Trin Warren Tam-boore (zdroj: [www.melbourne.vic.gov.au](http://www.melbourne.vic.gov.au))





*Obr. 35: Dešťová voda se čistí, když protéká rostlinami v mokřadu ve tvaru S  
(zdroj: urbanwater.melbourne.vic.gov.au)*

Na internetových stránkách [urbanwater.melbourne.vic.gov.au](http://urbanwater.melbourne.vic.gov.au) je možné dohledat nejrůznější informace o současných projektech, články o hospodaření s vodou, fakta o používání vody, články o záplavách a obraně proti nim, informace, jak je možné pomoci vytvořit udržitelný vodní systém pro Melbourne apod.

### **5.3 Stockholm – strukturální substrát**

Ve Stockholmu se v roce 2001 zjistilo, že 1/3 stromů v tomto urbánním prostředí neprospívá a postupem času odumírá. Na základě této skutečnosti se navrhlo využití tzv. strukturálního substrátu. Jedním z prvních, kdo zavedl použití tohoto strukturálního substrátu (Skelettjord), byl p. Björn Embrém (IPR PRAHA, 2018).

Pojem strukturální substrát můžeme chápat jako technologii, která zajišťuje dobré podmínky pro růst stromů vysazených v suchém urbánním prostředí ve zpevněném povrchu. Zároveň se zajišťuje stromům dobré zásobování kyslíkem, snižuje se riziko poškození způsobené invazí kořenů, zajišťuje se dobrá filtrace vody a vázání živin. Jde o zhutněnou směs kameniva, do které je aplikována směs biouhlu a kompostu, a to tlakově pod proudem vody (Stockholms, 3. vydání 2017). Biouhel se vyrábí pyrolýzou ze zahradního bioodpadu. Teplo vzniklé z tohoto procesu je dále odvedeno do systému centrálního vytápění (příspěvek k cirkulární ekonomice).

Veškerá povrchová a dešťová voda z okolí je svedena do šachty, která je realizována u každé výsadbové jámy. Využití této technologie v praxi ukázalo, že nedošlo k negativním vlivům, způsobeným zasolením při zimní údržbě, naopak substrát dokázal pojmout i vodu z přívalových dešťů a během sucha si stromy vystačí s vodou, která je nahromaděná v porézní směsi kameniva.



Obr. 36: 1- Zpevněná plocha – dlažba, 2-Žlab pro dešťovou vodu, 3-Šachta-rezervoár pro dešť. vodu/okysličení, 4-Rošť/záklop, 5-Ochrana kmene, 6-Kořenový krček v úrovni výsadby rostlin, 7-Mulč/kamenivo 4/8mm, 8-Kamenivo 2/6mm s příměsí 25% biouhel a kompost, 9-Betonová chránička (cca 1,4x1,4x0,6 m), 10-Geotextilie, 11-Vyrovnávací vrstva, kamenivo 8/11mm, 12-Provzdušňující vrstva, kamenivo 32/63mm, 13-Směs kameniva 32/90mm biouhlu a kompostu, 14-Biouhel (zdroj: [hildegunvarhelyi.com/trees](http://hildegunvarhelyi.com/trees), Embrén B., 2018)



## ZÁVĚR

Ekosystémová adaptační opatření, neboli přírodě blízká adaptační opatření, mohou pomoci ke snížení negativních implikací, které se při hypertrofii města objevují. Je třeba však vnímat jejich umístění a vzájemnou provázanost a souslednost při jejich dimenzování. Zároveň je nutné dohlédnout na jejich realizaci přesně tak, jak bylo opatření navrženo. Bohužel, v praxi se může stát, že daný návrh nemusí být správně pochopen a výsledek realizace může někdy negativně ovlivnit poměry v okolí.

Městské klima je totiž značně složitý systém s určitými zákonitostmi, a proto záleží na konkrétních podmínkách v oblasti, kde řešení navrhujeme. K tomu je určeno klimatologické modelování, kdy se umí vypočítat klima nejen a úrovni měst, ale také ulic. K takovému mapování klimatu může pomoci nástroj PALM-4U. Jde o komplexní městský mikro-měřítkový model, na jehož vývoji se podílí Ústav informatiky Akademie věd ve spolupráci s Leibnizovou univerzitou v Hannoveru a s dalšími výzkumnými pracovišti v Evropě. Model zachycuje jevy, které ovlivňují tepelný komfort a kvalitu ovzduší, například šíření a pohlcování slunečního záření, výměna tepla mezi městským povrchem a atmosférou nebo proudění vzduchu. Pomocí těchto dat lze popsat efekt městského tepelného ostrova a jeho vlivu na klima. Tento nástroj lze pak v budoucnosti využít jako součást urbanistického plánování a rozhodně může pomoci k ovlivnění urbánního mikroklimatu.

Tento katalog každopádně obsahuje možnosti, které lze v urbánním prostředí využít a které si již našly své místo v podobě realizace nejrůznějších projektů. Jejich využití lze kombinovat či slučovat a mohou přinést mnoho užitků.

V současné době je k dispozici spousta možností, technologií a příkladů realizace, jakým způsobem lze ovlivnit mikroklima městského prostředí. Tato opatření mají rozhodně velký potenciál a velkou váhu při neustále rozvíjejících se městech.

# Přehled literatury a použitých zdrojů

## Seznam literatury

Amani-Beni M., Zhang B., Xie G., Xu J., 2018: Impact of urban parks's tree, grass and waterbody on microclimate in hot summer days: A case study of Olympic Park in Beijing, China. *Urban Forestry & Urban Greening* 32. S. 1 – 6.

Autixier L., Mailhot, A., Bolduc, S., Madoux-Humery, A-S., Galarneau, M., Prévost, M., Dorner, S., 2014: Evaluating rain gardens as a method to reduce the impact of sewer overflows in sources of drinking water. *Science of The Total Environment* 499. S. 238-247.

Awal, M. A., Ohta, T., Matsumoto, K., Toba, T., Daikoku, K., Hattori, S., Hiyama, T., Park, H. 2010: Comparing the carbon sequestration capacity of temperate deciduous forests between urban and rural landscapes in central Japan. *Urban Forestry & Urban Greening*. 9. S. 261 – 270

Burian a kol., 2016: Zelené střechy: Standardy pro navrhování, provádění a údržbu (online) [cit. 2019-10-15], dostupné z <[http://sedumtop.cz/wp-content/uploads/2017/04/Zelene-strechy\\_standardy-1.pdf](http://sedumtop.cz/wp-content/uploads/2017/04/Zelene-strechy_standardy-1.pdf)>

CzechGlobe, 2017: Přírodě blízká adaptační opatření ve městech [cit. 2019.09.29], dostupné z <<http://www.opatreni-adaptace.cz/opatreni/>>

CzechGlobe, 2017: Vysvětlení pojmů (online) [cit. 2019.09.29], dostupné z <<http://www.opatreni-adaptace.cz/vysvetleni-pojmu/#eko-slu>>

CI2, o.p.s., © 2015: Ekosystémová adaptační opatření (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <<https://urbanadapt.cz/cs/ekosystemova-adaptacni-opatreni>>

Danko L., 2017: Rain Gardens – the Plants (online) [cit. 2017-05-21], dostupné z <<https://extension.psu.edu/rain-gardens-the-plants>>

Dostal P. a kol., 2017: Způsoby systémové podpory výstavby zelených střech (online) [cit. 2019-10-15], dostupné z <[https://www.zelenestrechy.info/media/\\_file/37/Publikace\\_Zpusoby%20systemove%20podpory%201\\_BARVA%20WEB.pdf](https://www.zelenestrechy.info/media/_file/37/Publikace_Zpusoby%20systemove%20podpory%201_BARVA%20WEB.pdf)>

Dostálová J., Petříček T. a kol., 2012: B6 - Zásady provádění střech při realizaci budov dle principů trvale udržitelné výstavby. Národní stavební centrum, Brno, 86 s.

Dunnet N., Clayden A., 2007: Rain Gardens: Managing Water Sustainably in the Garden and Designed Landscape. Timber Press, Portland: 188 s.

European Commission, 2019: Ecosystem services and Green Infrastructure (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <[https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm)>

Finlayson M., Davidson, N. 2018: Global wetland outlook: Technical note on status and trends (online) [cit. 2019-10-15] dostupné z <[https://researchoutput.csu.edu.au/ws/portalfiles/portal/29198681/29198657\\_Published\\_report.pdf](https://researchoutput.csu.edu.au/ws/portalfiles/portal/29198681/29198657_Published_report.pdf)>

Granata F., Gargano R., Marinis De G., 2020: Artificial intelligence based approaches to evaluate actual evapotranspiration in wetlands. Science of The Total Environment 703.

Hong J., Teng S., Renlong Z., 2017: Effect of water body forms on microclimate of residential district. Energy Procedia 134. S. 256-265.

Hudcová, T., 2012: Kořenové čistírny odpadních vod při povodňových stavech (online) [cit. 2019-10-15] <<http://www.enviweb.cz/92686>>

Informační centrum OSN v Praze, 2007: Lidstvo se stěhuje do měst (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <[https://www.osn.cz/wp-content/uploads/UNbulletin-%C4%8D%C3%ADslo-5-6\\_2007.pdf](https://www.osn.cz/wp-content/uploads/UNbulletin-%C4%8D%C3%ADslo-5-6_2007.pdf)>

IPR PRAHA, Lekeš V., Richtr J., Embren B., Gustafsson M., Sommer Lindsay R. Stockholm a Kodaň: Adaptace na změnu klimatu v praxi. CAMP - Centrum architektury a městského plánování, 7-8. listopadu 2018. Konference.

Jacobs A., Brabandere De L., Drouet T., Sterckeman T., Noret N., 2018: Phytoextraction of Cd and Zn with *Noccaea caerulescens* for urban soil remediation: influence of nitrogen fertilization and planting density. *Ecological Engineering* 116. S. 178-187.

Kang J., 2006: *Urban Sound Environment*. CRC Press, Londýn: 304 s.

Kabishch N., Korn H., Stadler J., Bonn A., 2017: *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas – Linkages of science, policy and practise*. Springer, Cham, 353 s.

Klabzuba J. a Kožnarová V., 2004: *Aplikovaná meteorologie a klimatologie*. Česká zemědělská univerzita, Praha, 40 s.

Křečková, M., 2009: *Hluk v životním prostředí z pohledu fyzické geografie*. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha. 137 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Digitální repozitář Univerzity Karlovy.

Liu K. & Baskaran B., 2003: *Thermal Performance of Green Roofs Through Field Evaluation* (online) [cit. 2019-10-15], dostupné z <[\[cit. 2019-10-15\]](https://docplayer.net/10563785-Thermal-performance-of-green-roofs-through-field-evaluation.html)>, dostupné z <<https://docplayer.net/10563785-Thermal-performance-of-green-roofs-through-field-evaluation.html>>

Moldan B., 2015: *Podmaněná planeta*. Nakladatelství Karolinum, Praha, 506 s.

Novák, L., Stránský, D., 2008: Benefity hospodaření s dešťovou vodou – zelená infrastruktura. Sborník příspěvků konference – 3. bineální odborná konference 17. – 18. 9. 2008.

Oke T., Crowther J., McNaughton K., Monteith J., Gardiner B., 1989: The Micrometeorology of the Urban Forest [and Discussion]. Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences 324. S. 335-349.

Osheen M. & Singh K.K., 2019: Rain Garden—A Solution to Urban Flooding: A Review. In: Agnihotri A., Reddy K., Bansal A. (eds) Sustainable Engineering. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 30. Springer, Singapore. S. 27-35.

Pančíková L., 2019: 10 věcí, které byste měli promyslet, než začnete na zahradě chytat dešťovou vodu (online) [cit. 2017-05-21], dostupné z <[cit. 2017-05-21], dostupné z <<https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/10-veci-ktere-byste-meli-promyslet-nez-zacnete-na-zahrade-chytat-destovou-vodu>>

Pokorný J., Hesslerová P., Jirka V., Huryňa H., Seják J., 2018: Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí. Urbanismus a územní rozvoj 21, 1-12 s.

Ramsar Convention Secretariat, ©2014: Wetland Ecosystem Services – an introduction (online) [cit. 2019-10-15] <[https://ramsar.org/sites/default/files/documents/library/services\\_00\\_e.pdf](https://ramsar.org/sites/default/files/documents/library/services_00_e.pdf)>

Stockholms, 3. vydání 2017: Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok 2017. Město Stockholm skrz Björn Embrén a Britt-Marie Alvem, 28 s.

Supuka, J. a kol., 1991: Ekologické principy tvorby a ochrany zelene. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 307 s.

Svaz zakládání a údržby zeleně, z.s., 2016: Zelené střechy: naděje pro budoucnost II (online) [cit. 2019-10-15], dostupné z <[https://www.zelenestrechy.info/media/\\_file/359/Publikace%20ZELENE%20STRECHY\\_DEF.pdf](https://www.zelenestrechy.info/media/_file/359/Publikace%20ZELENE%20STRECHY_DEF.pdf)>

The European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT, 2014: Urban storm water management in Augustenborg, Malmö (online) [cit. 2019.09.29], dostupné z <<https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo>>

United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), 2016: Urbanization and Development: Emerging Futures – World Cities Report 2016 (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <<https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/WCR-2016-WEB.pdf>>

Ústav pro ekopolitiku, o. p. s., 2009: Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku, Praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování. Ústav pro ekopolitiku, o. p. s. ve spolupráci s Asociací pro vodu ČR a Fakultou stavební ČVUT, Praha, 48 s.

Vačkář D., 2010: Ekosystémové služby: globální pohledy, indikátory a příklady. Životné Prostredie 44. S. 65-69.

Vítek J., Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Vítek R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. 01/71 ZO ČSOP Koniklec, Praha, 128 s.

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2018: Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině (online) [cit. 2019-10-15] dostupné z <[http://www.suchovkrajine.cz/sites/default/files/vystup/6.4\\_mokradni\\_biotopy.pdf](http://www.suchovkrajine.cz/sites/default/files/vystup/6.4_mokradni_biotopy.pdf)>



Wilby R., 2003: Past and Projected trends in London's urban heat island. *Weather* 58. S. 251 – 260.

Yang H., Dick A. W., McCoy L. E., Phelan L. P., Grewal S. P., 2013: Field evaluation of a new biphasic rain garden for stormwater flow management and pollutant removal. *Ecological Engineering* 54. S. 22 – 31.

Yuan J., Dunnett N., 2018: Plant selection for rain gardens: Response to simulated cyclical flooding of 15 perennial species. *Urban Forestry & Urban Greening* 35. S. 57-65.

### **Seznam obrázků:**

Obr. 1: Administrativní budova Butterfly (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)

Obr. 2: Odtok srážkových vod v přirozeném a urbanizovaném povodí - porovnání (zdroj: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR, 2015)

Obr. 3: Otevřená zahrada v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)

Obr. 4: Otevřená zahrada v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)

Obr. 5: Přírodní kořenová čistírna v Otevřené zahradě v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)

Obr. 6: Polopropustný povrch, který byl použit na parkoviště, Praha – Čakovice (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)

Obr. 7: Polopropustný povrch sloužící jako parkoviště, Plzeň (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)

Obr. 8: Městská zeleň na Vršovickém náměstí, Praha (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)

Obr. 9: Ozeleněné Kubánské náměstí, Praha 10 (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)

Obr. 10: Možné využití zeleně, Praha – Palmovka (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)

Obr. 11: Členění podle druhu vegetace a skladby vegetačního souvrství (zdroj: Burian a kol., 2016; upraveno)

Obr. 12: Zelená střecha v Otevřené zahradě v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)

Obr. 13: Zelené střechy budovy ČSOB v Praze - Radlice (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)

Obr. 14: Pěstební buňka z kaskádové zahrady firmy Němec s.r.o. (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)

- Obr. 15: Budova firmy LIKO-S (zdroj: e15.cz)
- Obr. 16: Semi-intenzivní zeď na budově parkovitě, Plzeň (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 17: Zámecký park Čakovice (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 18: Kořenová čistírna v Otevřené zahradě v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)
- Obr. 19: Průtočná umělá nádrž – obnova Mlýnské strouhy – „Plzeňské Benátky“, Plzeň (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 20: Zahradkářská kolinie v Dolínské ulici, Praha 10 (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 21: Významný krajinný prvek „Mokřady Triangl“ (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 22: Odvodnění střech bytových domů (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 23: Odvodnění střech panelových domů do jezírka v Parku pod Plachtami (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 24: Lochotínský park v Plzni – tůň napájená dešťovou vodou (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 25: Zasadovací rošty (zdroj: asio.cz)
- Obr. 26: Využití AS-TTE roštů na parkovišti (zdroj: asio.cz)
- Obr. 27: Zelená střecha na budově ústředí ČSOB v Radlicích (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 28: Částečná zatravněná střecha buněk v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 29: Dům s mokřadní střechou v Praze (zdroj: adaptterraawards.cz)
- Obr. 30: Schéma zón vlhkosti dešťových zahrad (zdroj: Dunnett a Clayden, 2007)
- Obr. 31: Otevřené kanály kam jsou svedeny vody ze střech (zdroj: urbanreport.wordpress.com)
- Obr. 32: Variace zelených střech ve čtvrti Augustenborg (zdroj: urbanreport.wordpress.com)
- Obr. 33: Howard Street raingardens (zdroj: urbanwater.melbourne.vic.gov.au)
- Obr. 34: Schéma mokřadu Trin Warren Tam-boore (zdroj: urbanwater.melbourne.vic.gov.au)
- Obr. 35: Dešťová voda se čistí, když protéká rostlinami v mokřadu ve tvaru S (zdroj: urbanwater.melbourne.vic.gov.au)
- Obr. 36: 1- Zpevněná plocha – dlažba, 2-Žlab pro dešťovou vodu, 3-Šachta-rezervoár pro dešť. vodu/okysličení, 4-Rošť/záklop, 5-Ochrana kmene, 6-Kořenový krček v úrovni výsadby rostlin, 7-Mulč/kamenivo 4/8mm, 8-Kamenivo 2/6mm s příměsí 25% biouhel a kompost, 9-Betonová chránička (cca 1,4x1,4x0,6 m), 10-Geotextilie, 11-Vyrovnávací vrstva, kamenivo 8/11mm, 12-

Provzdušňující vrstva, kamenivo 32/63mm, 13-Směs kameniva 32/90mm biouhlu a kompostu,  
14-Biouhel (zdroj: [hildegunvarhelyi.com/trees](http://hildegunvarhelyi.com/trees), Embrén B., 2018)

### **Seznam tabulek:**

Tab. 1: Funkční vrstvy vegetačního souvrství (zdroj: Burian a kol. 2016; upraveno)