

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Potenciál využití srážkové vody ke zmírnění důsledků
klimatické změny**

Bakalářská práce

Natálie Sůsová

Ochrana krajiny a využívání přírodních zdrojů

Ing. Pavla Vachová, Ph. D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Potenciál využití srážkové vody ke zmírnění důsledků klimatické změny" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22. 4. 2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Pavle Vachové, Ph. D., za její ochotu, přínosné rady a za výbornou spolupráci při tvorbě bakalářské práce.

1 Potenciál využití srážkové vody ke zmírnění důsledků klimatické změny

Souhrn

Tato bakalářská práce bylo zpracována formou literární rešerše, která se zabývala využitím srážkové vody v urbanizovaném území. Povinnost řešení srážkových vod spadá v dnešní době do rukou legislativy, což se týká převážně novostaveb, které již musí srážkovou vodu shromažďovat. Využití srážkových vod prošlo dlouhou historií a není novinkou, že lidé po celém světě tuto vodu shromažďovali a využívali ke svému žití, stejně tak jako dnes. V práci byly zmíněné procesy shromažďování, znečištění, čištění a následné možnosti efektivního využití srážkové vody. Efektivní využití platí i pro přírodě blízká řešení, jako například mokřady a rašeliniště. Problematika rychlého odtoku srážkové vody z naší krajiny svým důsledkem přinesla řadu řešení, která napomáhají odtok zpomalit, a pokud možno, v co největším množství srážkovou vodu na našem území zanechat. Hospodaření se srážkovou vodou řeší také riziko klimatické změny, se kterou se dnes a denně setkáváme.

Posledním cílem této práce byla otázka, zda lidé na Sedlčansku a v jeho okolí sbírají srážkovou vodu a k čemu ji následně využívají. Prostřednictvím dotazníkového šetření, které se mezi občany Sedlčanska dostalo díky sociální síti Facebook, se získalo mnoho přínosných odpovědí, díky kterým byly následně zpracovány grafy k jednotlivým otázkám. Z dotazníkového šetření vyplynulo, že velká většina respondentů žijících na území Sedlčanska, srážkovou vodu na svém pozemku využívá.

Klíčová slova: srážková voda, využití, změna klimatu, opatření

The potential of using rainwater to mitigate the effects of climate change

Summary

This bachelor's thesis was processed in the form of a literature search, which dealt with the use of rainwater in urban areas. The obligation to deal with rainwater nowadays falls into the hands of legislation, which mainly concerns new buildings that have to collect rainwater. The use of rainwater has a long history and it is no news that people all over the world have collected and used this water for their lives, just like today. The work mentioned the processes of collection, pollution, purification and subsequent possibilities of efficient use of rainwater. Efficient use also applies to nature-friendly solutions, such as wetlands and peat bogs. The problem of the rapid outflow of rainwater from our country has resulted in a number of solutions that help slow down the outflow and, if possible, leave rainwater on our territory as much as possible. Rainwater management also addresses the risk of climate change that we encounter today and every day.

The last goal of this work was the question of whether people in the Sedlčany region and its surroundings collect rainwater and what they use it for. Thanks to a questionnaire survey, which was received among the citizens of Sedlčany thanks to the social network Facebook, it received many beneficial answers, thanks to which graphs for individual questions were subsequently processed. The questionnaire survey showed that the vast majority of respondents living in the Sedlčany region use rainwater on their land.

Keywords: rainwater, use, climate change, measures

Obsah

1	Potenciál využití srážkové vody ke zmírnění důsledků klimatické změny	4
2	Úvod.....	8
3	Cíl práce	9
4	Srážková voda.....	10
4.1	Srážková voda a legislativa.....	10
4.2	Historie využití srážkových vod	11
4.3	Koloběh vody	12
4.4	Retence vody v krajině.....	14
4.5	Znečištění srážkových vod.....	15
4.6	Čištění srážkových vod	17
5	Zařízení pro shromažďování a vsakování srážkové vody	19
5.1	Princip nádrží pro srážkovou vodu	20
5.2	Zasakování srážkové vody	20
5.3	Nádrže povrchové	21
5.4	Nádrže podpovrchové	22
5.5	Přírodní vodní nádrže.....	22
5.5.1	Rašeliniště.....	22
5.5.2	Mokřady.....	23
5.5.3	Suché vodní nádrže.....	25
6	Hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaném prostředí.....	26
6.1	Cíle hospodaření	27
6.2	Srážková voda v urbanizovaném území.....	27
6.3	Modro-zelená infrastruktura	28
6.3.1	Zelené střechy	29
6.3.2	Propustné plochy	31
7	Využití srážkových vod	31
7.1	V České republice	32
7.2	V zahraničí	32
7.2.1	V Austrálii	32
7.2.2	V Německu	33
7.2.3	Ve Spojeném království.....	33
7.3	Využití srážkové vody v běžném životě	34
7.3.1	Praní prádla.....	34
7.3.2	Splachování toalety.....	34
7.3.3	Srážková voda jako voda pitná	35

8 Srážkové vody jako nástroj ke zmírnění důsledků klimatických změn	35
9 Metodika	37
9.1 Sedlčany	37
9.2 Sběr dat.....	37
10 Výsledky	38
Otázka č. 1.....	38
Otázka č. 3.....	39
Otázka č. 4.....	40
Otázka č. 6.....	42
Otázka č. 7.....	43
11 Diskuze.....	45
12 Závěr	48
13 Literatura.....	49
14 Seznam použitých zkratk a symbolů	56

2 Úvod

Dříve byla srážková neboli dešťová voda vnímána spíše jako něco, čeho se potřebujeme z našich povrchů zbavit a nejlépe rychle odvést do veřejné kanalizace. V dnešním světě se naštěstí objevuje snaha srážkovou vodu, pokud možno, co nejlépe využít (Kopp & Marval 2021). Téměř po celém světě se čím dál více realizují nové projekty, které se zabývají zapojením dešťových vod do urbánního prostředí a následně je v jejich snaze naplnit efektivním využitím srážkové vody, a pokud možno tuto vodu udržet v naší krajině (Campisano et al. 2017).

Srážková voda spadá mezi vody odpadní. Patří sem konkrétně dešťové srážky, sníh, splachy a drenážní voda. Tyto odpadní vody mohou obsahovat různé kontaminované látky při průchodu atmosférou (Hlavínek et al. 2000). Dále také může být srážková voda znečištěna emisemi, které se uvolňují z dopravních prostředků či průmyslu. Záleží však na dané lokalitě (Krejčí et al. 2002). Proto je třeba s tímto možným znečištěním počítat kvůli následnému možnému využití těchto vod. Možná to není bráno v potaz, ale srážky, které spadnou na povrch Země, s sebou odnáší nečistoty z různých ploch, např. vyasfaltované plochy, dále také splachují olejné a naftové stopy od dopravních prostředků, které pak putují rovnou do veřejné kanalizace a dále do čistíren odpadních vod, kde se tyto vody čistí. Obecně však lze říci, že srážková odpadní voda je z hlediska své kvality vnímána spíše jako voda méně znečištěná (Korda 1992).

Spojení systémů pro shromažďování srážkových vod bezprostředně souvisí i s neustále omílaným tématem, kterým je klimatická změna (Haque et al. 2016). Správné využití srážkové vody napomáhá ke zmírnění několika problémům, kterým jako lidé čelíme. Jedná se hlavně o problematiku sucha na Zemi, rostoucích teplot a nedostatek vody. Dále nese další pozitiva jako například udržení hladiny podzemních vod a samozřejmě také napomáhá k zadržování srážkové vody v naší krajině, což lze brát jako jeden z hlavních cílů hospodaření s vodou (Macháč et al. 2017). Problém však nastává v urbanizovaných oblastech, kde se většina povrchů skládá ze zastavěných ploch, které jsou ve většině případů stavěné z materiálů jako například beton a asfalt (Hlavínek et al. 2007).

Hlavní snahou v hospodaření se srážkovými vodami je návrat této vody do lokálního koloběhu, podpora výparu, vsakování vody do půdy. V urbanizovaném prostředí můžeme tyto principy aplikovat například zvýšením vsakování vody, a to díky nahrazení klasických povrchů střech například tzv. zelenou střechou.

3 Cíl práce

Cíl této bakalářské práce bude zaměřen především na možnosti efektivního využití srážkové vody v intravilánech, který bude zpracován formou literární rešerše.

Dále se v této bakalářské práci bude řešit problematika se srážkovou vodou dopadající na změnu klimatu, působení na zdraví lidí a jejich hygienu, dopravu apod., a s tím související opatření.

Dalším cílem práce bude otázka, zda budovy a objekty ve vybraném městě Sedlčany a jeho okolí, mají vybavení pro sběr dešťové vody a případně, jak tuto vodu dále využívají. Tato část bude zpracována formou dotazníkového šetření, rozeslaného mezi občany Sedlčanska.

4 Srážková voda

Termín srážková voda definuje obecně vody z atmosférických srážek, které mohou mít různá skupenství. Patří sem např. déšť a sníh, které se právě liší svým skupenstvím. Srážkové vody, jsou vody, které již spadly na zemský povrch a jsou odváděny z veškerých pozemních komunikací, střech budov, parkovišť a dalších podobných ploch dále do jednotné či oddílné kanalizace (Hlavínek et al. 2000; Ahmad et al. 2020).

Jednotná kanalizace odvádí jednotlivé typy vod společně např. srážkové, splaškové, průmyslové. Oddílná kanalizace odvádí splaškové a průmyslové odpadní vody do čistírny odpadních vod (ČOV) a srážkové vody jsou odváděny bez jakéhokoliv čištění přímo do vodního recipientu. Zde může nastat problém, jelikož srážková voda může být i významně znečištěna. Když se srážková voda dostane do veřejné kanalizace, stává se tak automaticky odpadní vodou. Tato voda se odvádí veřejnou kanalizací do ČOV, kde projde několika procesy čištění. Vyčištěná odpadní voda je nadále vypouštěna do tzv. vodního recipientu. Mezi vodní recipienty patří např. okolní rybníky, vodní nádrže, řeky apod (Hlavínek et al. 2000).

Odpadní voda je použitá voda, která je z hlediska svých vlastností nevhodná pro její původní účel a stává se tak nevyhovující pro další využití, a proto se jí člověk zbavuje (Vodní zákon). Mezi dešťové odpadní vody patří srážková voda, sníh, splachy a drenážní voda. Po spadnutí srážek na zemský povrch s sebou splachuje i nečistoty z různých typů ploch, kterými mohou být např. vyasfaltované plochy, naftové a olejné stopy od dopravních prostředků apod. Například při povodních se může také smíchat s vodou splaškovou (Hlavínek et al. 2000).

4.1 Srážková voda a legislativa

V České republice platí legislativní dokument, který se zabývá ustanovením podmínek pro nakládání se srážkovými vodami. Konkrétním zákonem, který tuto problematiku stanovuje, je Vodní zákon č. 254/ 2001 Sb. § 5 odst. (3)

„Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním, čištěním, popřípadě jiným zneškodňováním odpadních vod z nich v souladu s tímto zákonem a zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážkové vody“) v souladu se stavebním zákonem. Stavební úřad nesmí bez splnění těchto podmínek vydat stavební povolení nebo rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o povolení změn stavby před jejím dokončením, popřípadě kolaudační souhlas ani rozhodnutí o změně užívání stavby.“ (Vodní zákon č. 254/2001 Sb. § 5 odst. (3))

„Vodní zákon nepožaduje aplikaci stavebního zákona a souvisejících právních předpisů pouze pro novostavby, ale též při provádění změn staveb a změn jejich užívání, čímž se snaží nejenom nezvyšovat množství srážkových vod odváděných jednotnou kanalizací, ale aktivně toto množství snižovat (MŽP 2019).“

Další dokument o vodách, který odkazuje svým zněním na stavební zákon je Vyhláška č. 501/2006 Sb., §20, odst. (5), písm. c), který uvádí řešení provedená na stavebním pozemku v souladu požadavků řešení srážkových vod.

„c) vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno:

1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování,

2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo

3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace.“ (Vyhláška č. 501/2006 Sb., §20, odst. (5), písm. c))

4.2 Historie využití srážkových vod

Využití srážkové vody není nikterak novou záležitostí, jedná se spíše o velmi starou praxi, kterou lidé využívali již před několika tisíci lety. Sběr srážkových vod praktikovaly rané civilizace na Středním východě a v Asii. Nejstarší rozsáhlé zařízení sloužící pro sběr dešťové vody existovalo před 4 000 lety v Negevské poušti v Izraeli. Principem tohoto zařízení bylo shromažďování a následné skladování srážkového odtoku ze svahů do cisteren. Tato voda byla v těchto kulturách využívána převážně pro domácí a zemědělské účely (Syed 2016).

V osadách na Blízkém východě si místní lidé dokázali vytvořit téměř stálou zásobu vody i v oblastech, kde nebyla dostupná řeka či pramen. Konkrétně v Jordánsku se našly důkazy zmíněných výtvorů. V oblasti Blízkého východu převládá suché až polosuché klima, a i přesto zde vzniklo několik civilizací. Již v době bronzové vznikla osada jménem Jawa v severním Jordánsku, která vybudovala poměrně rozsáhlý hydraulický systém pro sběr dešťové vody. Dále i ve městě Ul El Jimal v severním Jordánsku sloužily přehrady, nádrže a kanály jako zásobárny vody. Neabatští obyvatelé vynikali v hospodaření s dešťovou vodou, a to díky tesaným nádržím, které se nacházely v jejich hlavním městě Petře před více než 2 500 lety. Jejich říše díky tomu rozkvétala. V této oblasti se dnes nachází střední a jižní Jordánsko. Našly se také cisterny na sběr dešťové vody v umajjovských pouštních pevnostech. Tyto informace o dávné minulosti mohou být užitečné i dnes pro řešení problémů s nedostatkem vody v suchých oblastech světa (Abdelkhaleq & Alhaj 2007).

Například ve Starověkém Římě existovaly rezidence z jednotlivých cisteren a také dlážděné dvory k zachycení dešťové vody. V Řecku v paláci Knóssos roku 1 700 př. n. l. byl vybudován úložný sofistikovaný sběr dešťové vody, což spadá mezi první možné příklady zachycení dešťové vody v budově. Zajímavostí paláce Knóssos je právě nález tří potrubí sloužící zvláště jako potrubí pro pitnou, srážkovou a odpadní vodu (Syed 2016).

Největší nalezenou cisternou z několika set nalezených cisteren na světě je cisterna Jerabatan, ležící pod městem Istanbul. Cisternu postavil císař Konstantin a dále rozšířil císař Justinian v letech 527-565 n. l.. Cisterna mohla zachytit až 80 000 m³ dešťové vody a byla dlouhá 140 m a 70 m široká. Tato obrovská stavba se skrývá celá pod zemí a podepírá ji 336

protínajících se sloupů. Sloupy jsou zdobené různými obrazci. Jedním z vyrytých obrazců jsou slzy, které vzdávají hold několika stovkám padlých otroků, kteří při stavbě této cisterny zemřeli (Syed 2016).

V České republice spadají prameny vzniku sběru a využití dešťové vody od počátku osídlení našeho území. Mezi první způsoby sloužící ke sběru povrchové a dešťové vody patří jímky a studny. Zachycená voda sloužila jako záložní plán v době sucha a byla převážena do oblastí s nedostatkem vody. Velký posun nastal v období 14. století, kdy nastal růst vodárenského systému ve městech, které se v zásadě využívaly až do moderní doby. Jedním z důvodů pro rozvoj techniky hospodaření s vodou bylo podmíněno zvyšujícími nároky lidí na hygienu a spotřebu vody (Drnek 2020).

4.3 Koloběh vody

Voda je nejrozšířenější a nejpoužívanější látkou na Zemi. Do základních složek v oběhu vody na Zemi náleží především srážky, vodní výpar, podpovrchový a povrchový odtok, podzemní odtok a srážková voda v nádržích. Voda se v přírodě vyskytuje ve všech skupenstvích v závislosti na její teplotě (Říha 2014).

Naši Zem tvoří ze 70 % povrchu převážně slaná voda. Další část našeho povrchu zabírá voda sladká, která se nachází převážně v řekách a jezerech. Voda má i pevné skupenství, což se týká ledu a sněhu, které taky představují část povrchu Země z velké části tvoří ledovce. Další neodmyslitelnou součástí Země je vegetace, což je vlastně důsledkem existence vody na naší planetě. Ovšem toto nejsou jediné vodní zdroje, které máme. Máme i další významné vodní zdroje jako například podzemní voda. Bohužel celkový podíl vody nacházející se v řekách, v půdě a v atmosféře je poměrně malý, a celkový čas, kdy se voda v těchto oblastech drží, není dlouhý. Možná to není tak zřejmé, ale právě takto přecházející voda je rizikem pro globální hydrologický cyklus. Proto je velice důležité vodu na naší Zemi udržet, pokud to jde (Oki et al. 1999).

Koloběh vody na Zemi se odráží od hlavní základny celého cyklu, kterým je oceán. Sluneční paprsky ohřívají vodu a ta se poté vypařuje ve formě vodní páry do vzduchu. Vodní pára je výše odnesena do atmosféry. Zde díky nižší teplotě vodní pára kondenzuje a přeměňuje se na oblaka. Princip vodního koloběhu spočívá v přenášení vodních par nad kontinenty, kde díky kondenzaci vodních par poté padají na zemský povrch srážky, a to buď v kapalně nebo pevné formě. Po spadnutí těchto srážek na zemský povrch část srážkové vody odtéká povrchovým nebo podzemním odtokem zpátky do oceánu a část se vsákne do půdy. Vzniklý povrchový odtok, prosakující podzemní vody, se hromadí do jezer, rybníků a řek, odkud se také odvádí zpět do oceánu (Říha 2014).

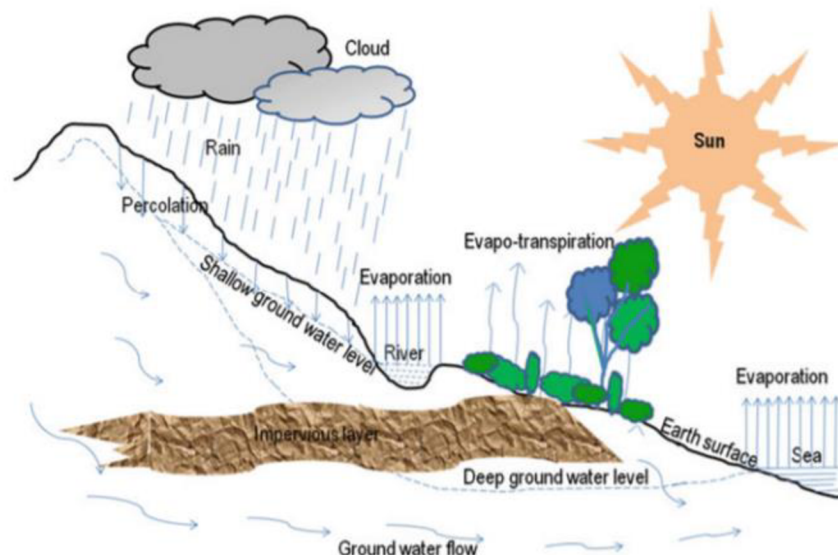
Vodní koloběh podstupuje neustálé změny, co se týče kvantity vody v jednotlivých částech koloběhu. Příkladem jedné z mnoha změn mohou být právě i v České republice oblíbené Krkonoše. Před 15 000 lety Krkonoše vypadaly úplně jinak, než je známe dnes. Dříve zde nebylo ani zdaleka tolik srážek, jako dnes. Důvodem lze označit Golský proud, jelikož podoba dnešního Golského proudu byla odlišná, než známe teď. Důsledkem bylo špatné pronikání vlhkosti do střední Evropy, díky které by vznikly srážky. Celkový hydrologický cyklus v této krajině závisel na ročním období. V zimě veškerá voda zmrzla, tudíž vodní toky

skoro neexistovaly a v létě se voda z tajících ledovců dostala do dočasných toků. Postupem času se začalo naše klima oteplovat, a s tím přišlo i roztávání ledovců (Danhelka 2016).

Vodní koloběh se dělí na malý nebo velký oběh, kdy v malém oběhu se odpařená voda z pevniny padá zpět na pevninu, a to samé i nad oceánem, kde padá zpět do oceánu. Při velkém oběhu se vodní pára z pevniny, díky rozdílu tlaků a teploty, odchází nad oceán, kde kondenzuje a padá na hladinu oceánu ve formě srážek a naopak (Říha 2014).

Vodní koloběh ovlivňujeme my lidé, svými aktivitami působíme na vodní koloběh i na klimatické změny. Ovšem lidské aktivity lze považovat za jeden z nejvíce ovlivňujících faktorů, které souvisí právě s vodním koloběhem. Z našich činností se uvolňují dnes a denně skleníkové plyny, které mají vliv na hnací sílu vodního koloběhu (Brown et al. 2010). Vodní cyklus funguje odjakživa díky přírodním faktorům, ale postupem času a vlivu lidské existence se z přírodních faktorů stávají spíše přírodně-sociální faktory. Tato situace má za následek i různé problémy související s životním prostředím a samozřejmě také s malým množstvím vodních zdrojů (Tian-Ling et al. 2011)

Malý oběh vody je třeba z hydrologického hlediska v naší krajině podporovat, co nejvíce. Jedná se v podstatě o uzavřený systém koloběhu vody, který se odehrává ve stejné oblasti, ze které se voda odpařila, tak i na stejnou oblast dopadá ve formě srážek (Massy 2019; Kravčík et al. 2007). Srážky se z větší části vypaří zpět do atmosféry, a z části, která dopadla na povrchy a vegetaci se díky evapotranspiraci později také vypaří. Další část srážkové vody se vsákne do půdního prostředí. V půdě se poté odehrává další oběh vody (Petříček & Cudlín 2003). Malý oběh vody je důležitý pro zvýšení retenční schopnosti naší krajiny (Kravčík et al. 2007). A proto, je důležité na Zemi vodu udržovat, jelikož výrazně přispívá k vyrovnávání mikroklimatu (Petříček & Cudlín 2003).



Obrázek 1 Schéma hydrologického cyklu (Syed 2016)

4.4 Retence vody v krajině

Retence vody v krajině se stává v dnešní době čím dál tím více viditelnějším tématem. Často na něj můžeme narazit ve spojitosti s pojmem „retenční vodní kapacita“. Retenční vodní kapacita znamená takové množství vody, které je půda schopna zadržet v kapilárních i gravitačních pórech a tuto vodu postupně v případě potřeby dodávat rostlinám (Vlček 2017).

Retence neboli zadržování vody v krajině se děje hned poté, kdy srážková voda dopadne na povrch Země. Jedná se o takovou schopnost krajiny, která poskytne krátkodobý „domov“ pro vodu a následně ji dokáže uvolnit pro následující fázi koloběhu vody. Srážky dopadající na povrch se pomocí vegetace nebo vodními toky dostanou do půdy a doplní tak podzemní vodu. Obecně platí, že čím silnější je vrstva humusu, tím větší je pak retenční schopnost dané oblasti a sníží se tak i riziko sesuvů půdy a riziko povodní (Christoph 2015).

S retenčním potenciálem úzce souvisí několik přírodních procesů, mezi které se řadí například intercepce, infiltrace, evapotranspirace, povrchová retence vody a trvalé ztráty (TNV 75 9011, 2013). Tyto procesy ovlivňují retenci vody v naší krajině. Je důležité mít na paměti, že tzv. přirozená retenční schopnost půdy funguje v tom případě, kdy srážky přicházejí v menším množství a menší intenzitě. Pokud bude množství a intenzita srážek větší až extrémní, může se stát, že se retenční kapacita půdy vyčerpá a dojde k plošnému odtoku vody (Dostál et al. 2019).

Přirozená retence vody je v přírodě velice žádoucí. Samozřejmě přirozená retence bohužel nemá nekonečnou kapacitu a nezaručuje spolehlivou ochranu před povodněmi. Jedná se o proces, který ve značné míře závisí na rozvoji vegetace, ročním období a na aktuálních podmínkách. Tudíž nelze zajistit ochranu s konkrétním potřebným stupněm zabezpečení. Možná opatření pro lepší retenci v krajině závisí na vhodných technologiích (Dostál et al. 2019).

Pro vyšší zadržení srážkové vody v naší krajině se staví hráze, retenční nádrže a různé další překážky, které brání úniku povrchového odtoku z povodí (Vlček 2017). Na našem území má právě taková výstavba ochranných hrází svou mnohaletou tradici. Prvotní účel byla hlavně ochrana sídel a postupem času sloužila i k ochraně obhospodařovaných území. Tento účel přetrvává dodnes. Vzhledem k tomu, že výskyt povodní u nás neustupuje, naopak se s povodněmi setkáváme čím dál tím častěji, rostou tím i požadavky pro nové ochranné hráze a pro stávající hráze jejich nutné opravy. Protipovodňová funkce spadá samozřejmě mezi tu pozitivní stránku věci. Ovšem při budování retenčních nádrží, a hlavně před samotnou realizací, se musí posoudit několik různých aspektů (Janský 2004).

Samotné budování nádrží přivede do krajiny výrazné změny ve vodních ekosystémech, které nejsou vždy jen pozitivní. Musí se počítat se změnou kyslíkových poměrů vody a její kvalitou. Rázem se tak pravděpodobně zvýší výskyt řas a sinic. Tomuto jevu se říká eutrofizace vod. Voda z povodí, která vede do retenčních nádrží, s sebou nese i zbytky biomasy a různé živiny, kvůli kterým vznikají rozkladné procesy, které spotřebovávají kyslík. V nádržích sedimentují také různé písčité a šterkovité naplaveniny. Vodní toky, které se řadí výše než do II. stupně jakosti vod, se budování retenčních nádrží nedoporučuje z důvodu vyššího rizika eutrofizace (Janský 2004).

Čím dál více se objevuje snaha ke zvýšení retenční schopnosti půdy. Člověk ovlivňuje přirozený odtok už od samotného vzniku tohoto přírodního jevu. Hospodaření člověka na

zemědělské a lesní půdě zásadně ovlivňuje celý mechanismus odtoku vody. Již v minulosti bylo nutné zajistit mnoho opatření, která mají ovlivnit rychlost odtoku. Opatření se týkala zemědělských a lesnických pozemků, kde například v říčních nivách byly vysušeny mokřady, dále i agrotechnická opatření měla negativní vliv na retenční kapacitu půdy. V dnešní době se však s touto problematikou zamýšlí úplně jinak než v minulosti. Voda v krajině je žádaná a snahou je ji také v krajině udržovat, pokud možno v co největším množství. Co se týče vody mimo intravilány, zde se snažíme vodní odtok spíše zpomalit. Novodobá opatření, která stanovuje legislativa, je nutno dodržovat. Ale přírodě se nedá poručit, a proto jsou povodně součástí přirozeného jevu říční dynamiky a stoprocentní ochrana proti povodním není v lidských silách možná (Janský & Kocum 2007).

Na významném retenčním potenciálu se podílí mnoho faktorů, jako například velikost pórů, množství organických látek v půdě, půdní fauna apod. Porézní systém, kterým se myslí například obsah, velikost, tvar a propojení pórů, určuje celkové proudění vody v půdě. Tento systém řídí infiltraci a distribuci vody v půdním profilu. Významnou roli v tomto systému hrají kapilární póry a makropóry v horní části půdy. Právě zde se může velké množství infiltrované vody dostat, díky preferenčnímu proudění, do nižších vrstev půdy. Záleží zde na tom, zda jsou tyto póry navzájem propojené a otevřené. Půdní makropóry se dělí na dvě skupiny. První skupinou jsou tzv. biopóry, které vznikají díky aktivitě půdní fauny a aktivitě kořenových systémů. Do druhé skupiny spadají póry, které úzce souvisí s agregací půdy. Zmíněné makropóry lze společně propojit a tím vznikne komplexní půdní systém. Makropórové proudění není jediným prouděním, které v půdě funguje (Jačka et al. 2021).

V půdě se mohou vyskytovat i podmnožiny již zmíněného preferenčního proudění. Preferenční proudění většinou neprobíhá úplně v ideálním prostředí. Odehrává se v puklinách, kořenových kanálcích, cestách živočichů, zvlhčeném prostředí na úlomcích skeletu a ve vodoodpudivých půdách. Toto proudění zajišťuje rychlejší distribuci vody přes celý půdní profil (Jačka et al. 2021).

Žížaly svou aktivitou také podporují retenční půdní potenciál. Všeobecně známo je, že žížaly urychlují tvorbu humusu v půdě. To však není jedinou výhodou žížal v půdním prostředí. Žížaly také svou aktivitou zvyšují množství makropórů a podílí se i na struktuře a distribuci půdy. Zvyšují tak i infiltrační kapacitu půdy (Jačka et al. 2021).

Výše zmíněné druhy pórů nejsou jedinými místy, kam se voda může ukládat. Taková místa se nachází i na samotném půdním povrchu, která vznikla například po vývratech stromů a díky pedoturbanci. Tato místa tvoří svými deformacemi sníženiny, ve kterých se srážková voda drží a pomalu se vsakuje do celého půdního profilu (Rizzuti et al. 2004).

4.5 Znečištění srážkových vod

Srážková voda je z hlediska svého znečištění vnímána jako jedna z nejčistších přírodních vod. Nejčistší srážková voda se nachází v oblastech s nízkým zalidněním, v oblastech s vyšším výskytem lesů anebo v hornatých krajinách. Nejčistší složení srážkových vod v těchto oblastech se vyskytuje převážně po dlouhodobých deštích (Korda 1992). Složení srážkové vody se bude lišit podle místa jejího zkondenzování, tudíž bude mít jiné složení například nad mořem či oceánem. Takto zkondenzované vody budou pravděpodobně obsahovat větší podíl solí. Jiné

složení srážkové vody bude zkondenzované nad zalidněnou pevninou (Plotěný 2011). I tato voda obsahuje různé nečistoty, kterými se primárně obohacuje při průchodu atmosférou. Srážková voda má obvyklou hodnotu pH 5,6, tedy mírně kyselá pH z důvodu obsahu CO₂ (Hlavínek et al. 2000). Mnoho měst na světě se celkové znečištění těchto vod záleží na faktorech podmiňujících znečištění srážkových vod v dané oblasti. Mezi tyto faktory patří například zalidnění urbanizovaného prostředí, druh průmyslu, doprava v dané oblasti a další podobné faktory. Dále se tyto vody znečišťují při kontaktu vody s povrchy z různých druhů materiálu a dále s sebou stahují nečistoty z odtoku v urbanizovaném prostředí (Krejčí et al. 2002).

Znečišťující látky mají spoustu cest, jak se mohou smístit se srážkovou vodou. Srážkové vody se mísí s mnoha materiály uvolňujících se z budov, na kterých se nachází například okapy, střechy, rozvodné potrubí apod., a právě z těchto různých materiálů se mohou uvolnit různé kontaminanty, uhlovodíky, dusičnany (Deng 2021). Například ze střech obsahuje odtékající voda i vysoký podíl organických látek jako jsou pyl, prach, ptáčí trus, drobné větvičky a listí (Dvořáková 2007).

Samotný déšť při své cestě na zemský povrch s sebou v atmosféře nabere také mnoho plynných znečišťujících látek. Mezi tyto látky spadají uvolněné aerosoly, prach, také dusičnany a polycyklické aromatické uhlovodíky. Jelikož v městském prostředí je vyšší procento zastavených ploch (parkoviště, dopravní komunikace, budovy), bude tedy v povrchovém odtoku z těchto ploch vyšší obsah výše vyjmenovaných znečišťujících látek (Deng 2021).

Atmosférické srážky obsahují ve většině svého obsahu hlavně dusičnany, uhličitany, hořčík, vápník a sírany. Dále také obsahují železo, mangan, draslík, hliník, měď a také olovo. Látky, které se usazují na různých površích na Zemi, mají podobné složení jako atmosférické srážky (Krejčí et al. 2002).

Složení atmosférických látek se skládá z jemných částic, těžkých kovů a organických sloučenin. Důležitými složkami jsou také živiny např. fosfor a dusík. Pro dobrou rozpustnost těžkých kovů záleží na míře kyselosti dešťů. Jak je již výše zmíněno, srážkový odtok s sebou odnáší z materiálu odvodňovaných ploch různé látky a záleží na druhu povrchu. Např. z betonových povrchů proniká do odtoku hliník, křemík a vápník. Další látky jako jsou zinek, měď a kadmium pronikají z kovových povrchů a z asfaltových povrchů, z různých umělých materiálů a barevných nátěrů, například ze silnic jsou odnášeny primárně organické látky (Kabelková et al 2019).

Každodenní využívání povrchů lidmi, jako např. v dopravě, průmyslu a běžném životě s sebou nese mnoho znečištění. Jedná se např. o psí výkaly, moč, listí ze stromů, tráva, spadané větve a jiná organická hmota. Výkaly a moč přináší navíc i riziko bakteriologického znečištění. Zbytky větví, trávy a jiné organické materiály mohou ucpat veřejné vpustě kanalizací (Kabelková et al 2019).

Dalšími látkami jsou hrubé a jemné nerozpuštěné látky, stopy ropných uhlovodíků, minerální oleje, těžké kovy apod. Zmíněné látky nemusí patřit k látkám nebezpečným. Existují však určité látky vyskytující se v odtocích z urbanizovaného území, které mají obzvláště nebezpečnou povahu. Mohou to být závadné látky např. persistentní uhlovodíky a minerální oleje ropného původu a kadmium. Mezi další nebezpečné látky patří obecně těžké kovy jako

jsou olovo, zinek a měď a také nepersistentní uhlovodíky, minerální oleje ropného původu a usazené pevné látky (Kabelková et al 2019).

Na znečištění srážkové vody v urbanizovaném území má největší podíl automobilová doprava a ta závisí i na její hustotě provozu. Například v Praze bude vyšší znečištění nežli naopak na vesnici na okraji Prahy. Z automobilů unikají pevné částice uvolňující se z nespáleného paliva, kterými mohou být sloučeniny olova, a z olejů a mazadel používaných v automobilech mohou unikat uhlovodíky. V zimním období navíc přispívá ke znečištění uvolňování částic z ošetření vozovek v době mrazu. Nejvíce se k ochraně vozovek používá sůl a šterk, což zvyšuje obsah chloridů ze soli a pevných částic ze šterku. Dalším mínusem využití soli na vozovkách je důsledek zvýšení koroze u automobilů (Hlavínek et al. 2007).

Bohužel i ze zemědělství se uvolňuje mnoho znečišťujících látek do atmosféry. Hlavními zdroji znečištění srážkové vody jsou dusičnany, fosfáty a pesticidy. Problém nastává již v aplikaci pesticidů na rostliny. Pesticidy se uvolňují do atmosféry díky úletu par během jejich samotné aplikace a dále také při odpařování pesticidů z rostlin a také větrem (Van Maanen et al. 2001). Srážky jsou hlavním transportem znečištěných látek z ovzduší do vodních útvarů. Například v Argentíně se většina použitých pesticidů skládá převážně z herbicidů. Herbicidy se používají primárně pro hubení plevelů a také jako desikanty, které absorbují vodu. Intenzita emise pesticidů závisí na aplikační technice a meteorologických podmínkách v daném okolí a dalších faktorech. Transport pesticidů do atmosféry je pravděpodobně způsoben těkavostí s disperzí aerosolu. Z čehož následuje výskyt pesticidů v dešťových vodách i mimo místa jejich původní aplikace. Pesticidy se vyskytují nejen ve srážkových vodách, ale i ve vodách povrchových (Mas 2020).

Celková kvalita srážkové vody se snižuje díky nedostatečné kontrole jejího znečištění před skladováním (Shuster et al 2013). Tomuto lze zabránit pomocí aplikace technologií čištění v systémech zachycování srážkových vod (Vieira & Weeber 2013).

4.6 Čištění srážkových vod

Srážková voda vyžaduje zpravidla jednoduché mechanické čištění a v určitých případech toto čištění lze doplnit i o hygienické zabezpečení. Srážkovou vodu je potřeba uchovávat v takovém prostředí, kde je nižší riziko výskytu a růstu mikroorganismů (Plotěný 2019).

Hlavním úkolem čištění srážkových vod má být hlavně ochrana objektů a také sloužit k ochraně příjemců srážkových vod. Zde je právě kladen důraz na odstranění hrubých nečistot a nerozpuštěných látek. Čištěním lze i snížit obsah těžkých kovů, zachytit stopy ropných látek, rozložit organické látky, které spotřebovávají kyslík. Dále také snížit koncentraci obsahu patogenů a dalších živin. Tyto procesy probíhají v přírodních nebo technických zařízeních (MMR 2019).

Srážkové vody, jak je výše již zmíněno, dopadají na různé typy ploch na Zemi. Na druhu materiálu povrchu v povodí závisí znečištění těchto vod a u některých druhů je nutností použít příslušné předčištění srážkových vod. Norma ČSN 75 9010 uvádí konkrétní technická řešení předčištění srážkových vod (ČSN 75 9010). Tato norma představuje několik způsobů čištění.

Pro úpravu srážkové vody existuje mnoho druhů filtračních zařízení, které nabízí celosvětový trh. Jemné suspendované částice obsažené ve srážkové vodě lze odstranit

membránovou filtrací, pískem, granulovaným aktivním uhlím či štěrkem nebo keramzitem (Nolde 2007).

Mezi první způsob čištění patří zachycení hrubých nečistot, na kterém pak závisí další náročnější procesy. Tento proces předchází riziku poškození v dalších procesech čištění, jelikož se při něm odstraní veškeré hrubé nečistoty, které zachycují například vtokové mřížky, lapače listů a větvi, česle a další druhy sít. Tento proces lze sjednotit do sběrných zařízení pro odvod srážkových vod nebo lze vybudovat jako samostatná jednotka pro čištění (Kabelková et al. 2019).

Další možností může být tzv. vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu, kde se odbourávají nečistoty díky přírodním procesům. Zatravněná humusová vrstva znamená takové půdní prostředí, kde má půda zvýšený obsah humusových látek a nachází se na ní pravidelně udržovaný travní povrch. Obsah humusových látek by se měl přibližně pohybovat okolo 3 %, jedná se převážně o hlinitopísčité a písčitohlinité půdy. Tento způsob se uplatňuje u plošného povrchového vsakování. Znečištěná srážková voda se zde předčišťuje přes humusovou vrstvu a může se kombinovat i s jinými kroky předčištění. Při tomto procesu probíhá filtrace nerozpuštěných látek, k výměně iontů a adsorpce těžkých kovů a uhlovodíků a v neposlední řadě také k biologickému rozkladu rozložitelných látek. Vhodné působení filtrace závisí na zrnitosti materiálu, kde je lepší použít jemnozrný materiál. U tohoto typu předčištění musí mít svrchní a podkladní vrstva půdy patřičnou tloušťku a další určené parametry (Kabelková et al. 2019).

Existují i další přírodní formy čištění srážkové vody, a to lze uskutečnit například použitím tzv. biofiltrů. Biofiltry obsahují většinou nějaké čistící médium jako například černé uhlí či písek. Tato média slouží k zachycení a odstranění mikroorganismů ze srážkové vody. Dokáží zachytit různé organické polutanty a předcházejí vzniku a přenášení nežádoucích patogenů. Biofiltry lze zavést jako možné předčištění pro následující technologie čištění srážkové vody (Wendt et al. 2015).

Gravitační separace látek může být dalším způsobem předčištění, ke kterému se budují usazovací nádrže nebo kalové jímky sloužící k sedimentaci usaditelných látek. Mezi usaditelné látky patří například písek, kal, hlína a jiné posypové látky (TNV 75 9011). I při tomto způsobu lze snížit obsah těžkých kovů a dalších organických sloučenin ve srážkové vodě. Pro zachycení většiny plovoucího znečištění se instalují tzv. norné stěny, které mají úkol zachytit například listy a minerální oleje. Zařízení, která fungují na principu sedimentace jsou nezbytnou složkou nacházející se před podzemním vsakovacím zařízením. Tato zařízení se musí pravidelně vyčistit, jelikož by při dalších deštích hrozilo zvržení zachyceného kalu a tím i rozklad a nežádoucí rozpuštění organických a dalších znečišťujících látek v těchto vodách. Sedimentační zařízení bohužel nejsou schopna zachytit jemné nerozpuštěné látky, a proto se doplňují již zmíněným vsakováním přes humusovou vrstvu či filtrační zařízení. Usazovací nádrže mají čistící a retenční funkci a navrhují se v mnoha různých rozměrových i technických variantách. Ovšem na funkci závisí rovnoměrné povrchové zatížení usazovací nádrže, její maximální podélná rychlost, zatížení hladiny a doba zdržení za danou intenzitu deště. Druhou možností je kalová jímka. Kalová jímka v sobě poskytuje kalový a usazovací prostor. Tyto dva prostory jsou od sebe oddělené, aby se nerozmíchal objem kalu a nevyplavily se zachycené částice v něm obsažené (Kabelková et al 2019).

Dalším zařízením sloužící k zachycování hrubých i jemných částic je filtrační zařízení. Zde pomocí pískových a šterkových filtrů a geotextilií zachycují hrubé i jemné částice. Lze i odstranit rozpuštěné opadné látky pomocí adsorpce a biologických procesů, kde se využijí právě zemní filtry či prorostlé filtry. Předřazené sedimentační zařízení poskytuje ochranu těchto filtračních zařízení, z důvodu nežádoucího výskytu usaditelných a plovoucích látek. Geotextilie slouží jako mechanická ochrana pro nadcházející fáze čištění. Používají se pouze mechanicky zpevněné geotextilie. Existují i tepelnými úpravami zpevněné textilie, či tkané textilie, ale nesmí se používat z důvodu jejich propustnosti. Propustnost geotextilií by se měla pohybovat minimálně okolo 10^{-3} m/s. U filtračních zařízení se může vyskytnout vegetační porost, kterým je zařízení prorostlé. Tato situace není vůbec na škodu, jelikož i tak dochází k biologickému čištění a dalším plusem je, že není nutné tak často vyměňovat tzv. filtrační koláč, což ulehčuje celkovou údržbu filtru (Kabelková et al. 2019)

Posledním efektivním způsobem u čištění srážkových vod může být filtrace přes adsorpční materiál. Zde závisí veškerá účinnost na zvoleném typu adsorpčního materiálu. Mezi adsorpční materiály patří například aktivní uhlí, zeolity, adsorbenty olejů a také granulované hydroxidy hliníku a železa. I zde je nezbytně nutné zařídit před tímto procesem příslušné předčištění z výše zmíněných možností, jelikož tento způsob se ve většině případů aplikuje spíše jako dočištění po mechanickém předčištění (TNV 75 9011).

5 Zařízení pro shromažďování a vsakování srážkové vody

Udržovat srážkovou vodu v naší krajině se řadí mezi trendy dnešní doby. Sběr neboli shromažďování srážkové vody je metoda, při které se veškerá srážková voda, která dopadá na povrchy střech a dalších různých povrchů, shromažďuje do zařízení určených pro sběr a vsakování těchto vod. Zadržení srážkových vod v období srážek pomáhá k odlehčení stokových systémů. I tak se může snížit počet odlehčení vody přímo do vodního recipientu. Retenční nádrže se již v dnešní době častěji využívají i v městských prostorech (Štika 2020). Technologie pro sběr dešťové vody zahrnuje mnoho složek a procesů. Tvoří ji široká škála funkční techniky pro samotné plánování, návrhy, výstavbu a následně i údržbu. Následná funkčnost a efektivita těchto technologií sběru srážkové vody v budovách závisí právě na zmíněných aspektech techniky (Syed 2016). Technologie sběru zahrnuje například spádovou plochu, dopravní systém, filtraci před uskladněním, samotný skladovací kontejner či cisternu, čerpadlo, filtrační úpravy po uskladnění a distribuční systém pro samotné skladování. U většiny takovýchto systémů to funguje tak, že sázky dopadávající na střechy, dále putují přes okapy a potrubní sítě jsou dopraveny do skladovací nádrže (Debusk 2014; Plotěný 2020).

Zařízení vhodná pro sběr srážkové vody musí obsahovat alespoň jednu skladovací nádrž, která se nachází buď pod zemí, nebo nad ní. Taková nádrž by měla být vyrobena z materiálů, které nikterak neohrozí kvalitu nasbírané vody. Z retenční nádrže, která se může nacházet například u rodinného domu, se může voda využívat k zalévání zahrady nebo ji dále rozvést do objektu jako vodu užitkovou, kterou se pak například mohou splachovat toalety, mýt auta či prát (Smetanová 2019).

Skladovací nádrže se vyrábí z odolných materiálů, jako například beton, sklolaminát, železobeton nebo také polyetylen. Občas se můžeme setkat i s dřevěnými nebo kovovými nádržemi, nebo také existují nádrže vyrobené ze zeminy. Záleží také na dostupnosti materiálů v dané lokalitě, ale také samozřejmě na finančních možnostech. Nejvíce se asi setkáme s polyetylenovou nádrží, které se právě i snadno čistí a celkově jejich údržba není nikterak náročná. Skladovací nádrže mají jednu podmínku, nesmí být průhledné. Neprůhledné nádrže zabraňují vzniku řas a dalších možných nečistot. Nádrže musí být patřičně uzavřené, aby se zabránilo průniku hmyzu nebo uvíznutí jiných zvířat (Schets et al. 2010).

5.1 Princip nádrží pro srážkovou vodu

Srážková voda, která dopadla na povrch střechy nebo jiné zpevněné plochy daného objektu, vede přes okapy nebo žlábkem ze zpevněných ploch. Zpevněnými plochami se myslí chodníky, verandy, dvorky apod. Více využívaný způsob je vedený odtok ze střech. Odtok ze střech má více možností kam putovat. Okapy mohou být buďto vedeny přímo do dešťové kanalizace nebo do akumulčních či retenčních nádrží. Rozdíl mezi retenční a akumulční nádrží je ve způsobu odvádění vody z nádrže. U retenčních nádrží se díky regulovanému odtoku z nádrže voda neustále vyprazdňuje do kanalizace, vodního toku nebo do půdního prostředí. Díky tomu retenční nádrž chrání kanalizační systém nebo jiný vodní tok před přívalovými dešti. Tudíž v bezdešťovém období v nádrži voda není. Naopak akumulční nádrže v sobě vodu shromažďují a uskladňují pro další možné využití. Což platí i v období sucha, nebo když není pro určitou činnost nutné využít vodu pitnou (Zelenka 2009).

Z okapů nebo žlábků putuje srážková voda pře filtrační zařízení, které vodu zbaví veškerých hrubších nečistot jako například listů. Za filtračním zařízením může být umístěné další zařízení, které má za úkol upravit jakost vody. Odfiltrované nečistoty putují do kanalizace. Takto upravená voda steče potrubím do akumulční nebo retenční nádrže, která se vyskytuje pod zemí nebo nad ní (Dvořáková 2007). Přednost se dává nádržím nad povrchem, které mají sice nevýhodu v náročnosti na prostor, ale zároveň splní i funkci estetickou, a hlavně podpoří výpar vody zpět do atmosféry, což vede ke zlepšení našeho mikroklimatu (Stránský et al. 2019).

5.2 Zasakování srážkové vody

Ještě před samotným odvodem srážkové vody dopadlé na zpevněný povrch do odvodňovacích objektů, by bylo vhodné takto zpevněné nepropustné povrchy změnit na povrchy zpevněné propustné nebo alespoň polopropustné. V dnešní době by se hlavně při novostavbách mělo dbát, pokud možno, na co nejširší zachování propustných povrchů na většině plochy pozemku (Stránský et al. 2019).

Jednou z možností zasakování srážkové vody je plošné zasakování srážkové vody. Lze to vnímat jako přirozený způsob, kdy se voda dopadající na povrch vsákne přes zpevněný

propustný povrch nebo povrch s porostem. Díky těmto povrchům nedojde k zadržování srážkové vody. Díky vrstvě s porostlou vegetací, se zároveň tato voda při jejím průchodu čistí. Vhodnými objekty, kde lze použít tento typ zasakování, jsou sportovní areály, náměstí, cesty v parcích nebo dvory staveb (Hlavínek et al. 2007).

V momentě, kdy se navržená vodní kapacita v zasakovací ploše překročí, musí být na místě zajištěn odvod srážkové vody buďto do kanalizace, povrchových vod, či jiného technického objektu, odkud se dá srážková voda jímat. Plošné zasakování má jednu nevýhodu v tom, že je náročnější na plochu, která se většinou pohybuje okolo 20 % z rozlohy, kde je plocha odvodňována (Žabička 2005).

5.3 Nádrže povrchové

Díky tomu, že u retenční nádrže se voda udržuje na povrchu, mají kromě hlavní retenční funkce i jiná pozitiva. Zároveň plní i funkci krajinyotvornou, ekologickou a rekreační (TNV 75 9011)

Vsakování srážkové vody přes půdní profil lze uskutečnit právě díky povrchovým nádržím. Jedná se o nejpřirozenější a nejjednodušší způsob vsakování těchto vod, který se aplikuje v urbanizovaných územích přímo tam, kam srážky dopadají, tak i tam, kam se voda svádí z nepropustných ploch. Nádrže povrchové mohou mít různá provedení, jako například samotné nádrže povrchové, vsakovací příkopy a průlehy. Mezi alternativní řešení může být i vsakování z povrchu terénu. Nejlepší řešení je rovnoměrné rozprostření přítoku srážkové vody, pokud možno v nejmenší vrstvě po povrchu. Toho se dále dosáhnout pomocí dostatečně dlouhé přelivné hraně (MMR 2019).

Samotné povrchové nádrže vsakují srážkovou vodu přes oživenou půdní vrstvu a najdou své využití hlavně ve větších odvodňovaných plochách. Lze je použít také jako řešení pro vsakování z více pozemků najednou (Spurný 2021).

Povrchovou nádrží může být vsakovací průleh. Vsakovací průleh většinou najde svého využití v oblastech, kde je nouze o prostor a není k dispozici dostatečně velká propustná plocha. Většinou se používá v uličních prostorech (TNV 75 9011). Jedná se o mělké zatravněné plochy, ve kterých dochází pouze ke krátkodobé retenci vody. Průleh vznikne po odtěžení zeminy z objektu a následně se rozprostře vsakovací vrstva ze štěrku. Na tuto vrstvu poté padne část odtěžené zeminy a na konec se na ni přidá osivo travin či vhodných druhů keřů (Hlavínek et al. 2007). Pokud se zde voda zadrží déle, hrozí tak snížení vsakovací schopnosti v objektu a poškodí se tak vegetační pokryv průlehu. Proto se doporučuje, aby hloubka vody v průlehu nepřesáhla více jak 30 cm.

Voda se do vsakovacího průlehu dostává jako povrchový rovnoměrný odtok a odvádí se průlehem nejlépe zatravněným pruhem. Zatravněný pruh zároveň i čistí průleh a snižuje tak i možné riziko eroze a také brání naplavování nerozpuštěných látek do průlehu (Stránský et al. 2019).

5.4 Nádrže podpovrchové

Nádrže podpovrchové mají většinou menší objem než nádrže povrchové. Podpovrchové nádrže se ukrývají pod povrchem, a jelikož pod povrchem se k nim hůře dostává, nevyžadují tak ani tolik provozní péče, což je i výhodou. Ale více výhod zaručují spíše již výše zmíněné povrchové nádrže. Nádrže se budují jako šachty, které tvoří bloky a různé betonové konstrukce (Stránský et al. 2019). Materiály, ze kterých se tyto nádrže vyrábí, prochází neustálou modernizací a výběr je velmi široký. V dnešní době se přihlíží hlavně na vsakování, probíhající při nejvhodněji zvoleném technologickém řešení. Na to právě přihlížejí i většina z výrobců. Trendy představují v dnešní době hlavně tzv. monolitické bloky vyrobené nejčastěji z železobetonu, ze kterých jsou nádrže sestavené. Konstrukce těchto bloků záleží také na velikosti určitého pozemku a půdních možnostech. Podpovrchové nádrže umožňují za vhodných podmínek také celkové zlepšení retenční schopnosti dané lokality (TNV 75 9011).

5.5 Přírodní vodní nádrže

Dnes na světě existuje spousta systémů a technologií sloužících k protipovodňové ochraně a k regulaci odtoku vody v krajině. Technická opatření s sebou ve většině případů nesou větší zásah do krajiny. Oproti tomu existují také přírodě blízká opatření, které většinou nikterak nevyžadují velký zásah v krajině, a i tak dokáží spolehlivě konat svou práci (Taufmannova & Jeníček 2011).

5.5.1 Rašeliniště

Jedním z několika útvarů, které zachycuje srážkovou vodu v krajině jsou rašeliniště. Existuje několik typů rašelinišť a jedním z nejznámějších jsou i tzv. vrchoviště. Vrchoviště se nachází zejména v horských oblastech a vznikají za specifických podmínek. Mají několik metrů hlubokou vrstvu rašeliny a jejich obsah je nasycen převážně srážkovou vodou (Vlček 2017). V České republice se tento typ rašelinišť nachází z většiny na Šumavě. Na území Šumavy se vyskytují největší rašeliniště nejen na území České republiky, ale i celé Střední Evropy. Jsou totiž specifické díky své morfologii i geologii. Rašeliniště také poskytují život mnoha živočichům a rostlinám (Vlček 2016).

Rašeliniště mají významný vliv na hydrologické procesy v krajině. Kapacita akumulace vody v půdě zahrnuje jednu z nejdůležitějších složek zadržování vody v krajině. Fyzikální vlastnosti a celkový stav půdy patří mezi důležité faktory pro řízení infiltrace vody do půdy v období srážek. Srážková voda může být uskladněna právě v rašelinné půdě v období sucha (Doležal 2020).

Jednou z nejdůležitějších složek rašelinišť je tzv. akrotelm. Akrotelm je živá, tenká vrstva rašeliništní vegetace cca 10 až 40 cm hluboká. Bez akrotelmu bažina není schopna hromadit rašelinu a držet kontrolu nad hladinou vody v hlubších vrstvách půdy (Doležal 2020).

Rašeliniště dokážou pro sebe udržet vyhovující prostředí i přes možné klimatické změny i několikaleté pokusy o odvodnění. Může ale nastat situace, že se sejde několik faktorů, které

zkrátka rašeliniště nebudou schopné ustát a pomalu zmizí. Rizikem by byla zvýšená průměrná teplota, rozkolísané srážky a několik tisíc kilometrů hlubokých nebo mělkých odvodňovacích rýh v okolí. Toto bylo již v 90. letech podnětem k mapování všech rašelinišť a mokřadů na celé Šumavě, ze kterého vznikly ne příliš pozitivní zprávy o jejich stavu. Z tohoto důvodu vznikl od roku 1999 Program obnovy šumavských rašelinišť a mokřadů (Placková 2020).

Například šumavská povodí tvoří převážně hospodářské lesy, pastviny a louky. Možné zásahy do zdejší krajiny v oblasti odvodnění, změny ve využití půdy či zcelování pozemků mají velký vliv na extremitu odtoku vody a říční erozi. Vždy ale záleží na způsobu využití dané krajiny. Následná meliorační opatření závisí na rozdílném poměru pastvin, luk a lesů a tato opatření pak ovlivní celkový hydrologický režim v krajině (Vlček 2017). Mezi možná opatření se řadí různé pozemkové úpravy, protierozní opatření, odvodňovací zařízení, rekultivace půd a samozřejmě také zakládání přírodních retenčních nádrží pro udržení vody v krajině. Zmíněná opatření výrazně přispívají ke snížení kolísání odvodňovacích příkopů a snižují průtok vody. Ale při vyšší intenzitě srážek jsou bariéry pro zadržování srážkové vody v povodí v ohrožení z pohledu správné funkce reteční kapacity plochy (Doležal 2017).

Rašeliniště se v dnešní době těší svým obnovováním, což může přinést i řadu výhod. Jedná se hlavně o zvýšení retence vody v krajině, snížení rizika požárů, ukládání uhlíku a navýšení biologické rozmanitosti (Ahmad et al. 2020). Obnovu rašelinišť lze provést pomocí opětovného zavlhčení, což by mělo pomoci ke snížení degradace dané oblasti a dodat rašeliništi podmínky pro jeho přirozenou funkci (Jaenicke et al. 2011). Častějším provedením obnovy rašelinišť, je zastavění neboli zablokování odvodňovacího příkopu pomocí hrází, které mohou být například ze dřeva, plastu nebo rašeliny či jiné minerální zeminy. Díky tomuto opatření se zastaví odtok vody z daného místa a podpoří se tím celkový vzestup podzemí vody v rašeliništi a blízkého okolí (Elo et al. 2015).

5.5.2 Mokřady

Mokřadem se nazývá lokalita s obsahem většího množství akumulované vody. Mokřady mohou být buďto hladinou volnou nebo se hladina nachází kolem povrchu daného terénu (Dostál et al. 2019). Mokřady vlastně vymezuje rozhraní mezi suchozemskými ekosystémy a povrchovými vodami. Jejich úkolem je vyrovnávat a filtrovat průtok vody, znečišťujících látek, rozpuštěných živin ve vodě a různých sedimentů. Hlavním cílem mokřadů je zmírnění dopadu sucha na Zemi, zlepšení kvality vody tekoucí ve vodních tocích a v neposlední řadě také zmírnění eroze v krajině (Hattermann & Krysanova 2008).

Existují dva druhy mokřadů – přirozené a umělé mokřady. Přirozené mokřady se využívají pro čištění odpadních vod a mokřady umělé se, pokud možno, navrhují a staví tak, aby se co nejvíce přiblížily k mokřadům přirozeným, co se týče právě hlavní funkce, kterou je čištění odpadních vod (Vymazal 2004).

V minulosti způsobilo nekontrolovatelné vypouštění odpadních vod do mokřadů mnoho nevratných škod. V dnešní době se mokřady zabývá mnoho studií, díky kterým nastal pozitivní obrat v problematice mokřadů, a právě zmíněného vypouštění odpadních vod do nich. Proto se vypouštění odpadních vod do přirozených mokřadů nejen u nás, ale i v mnoha dalších civilizovaných zemích, snížilo téměř na minimum (Vymazal 2004).

Na počátku 50. let 20. století proběhly v Německu první experimenty v používání mokřadních makrofyt pro čištění odpadních vod. Po těchto experimentech nastal zlom ve vývoji vybudování umělých mokřadů, které spolehlivě čistily různé druhy odpadních vod. Umělé mokřady se klasifikují podle životní formy dominujícího makrofyta do několika systémů. Systémy makrofyt se dělí do systémů s volně plovoucími listy a zakořeněných makrofytů. Dále záleží také na hydrologii daného mokřadu, kdy může být buďto vodní hladina volná či podpovrchové proudění. Podpovrchové proudění se dále dělí ještě dle směru proudění na horizontální a vertikální proudění (Vymazal 2010).

V 60. letech a začátkem 70. let v Severní Americe se začalo rozvíjet ekologické inženýrství přírodních mokřadů pro čištění odpadních vod. Netýkalo se to pouze čištění komunální vody, ale později i všech druhů odpadních vod. Co se týče technologie podpovrchového proudění, to se zde šířilo sice pomaleji, ale i přes to takto funguje v současné době několik tisíc mokřadů, založených právě na tomto typu použité technologie (Vymazal 2010).

V oblasti řešící zadržování vody v krajině se mokřady řadí mezi nejúčinnější prvky v krajině, jelikož zvládají obnovit krátký vodní cyklus. Dalším pozitivem mokřadů je usazení a využití připlavených živin a dalších látek. Díky tomu tyto látky nemají šanci z povodí vymizet, ale díky tomu se recyklují a dále se dostanou i do půdy, kde také najdou své využití (Pokorný & Eiseltová 1998).

Nicméně i mokřady souvisí se zmírněním důsledků klimatické změny. Mokřady v sobě vážou uhlík. Schopnost zadržení uhlíků závisí na typu klimatu, vlastnostech půdy a také konkrétním typu mokřadu. Česká republika spadá do mírného pásu, zde se kumulace uhlíku pohybuje mezi hodnotami 0,2 až 1,2 t/ha za rok. Uhlík má svou významnou roli v globálním koloběhu. V oblastech mokřadů, kde proběhlo odvodnění nebo jiné narušení mokřadů, byl zjištěn výrazně vyšší export uhlíku. Tato informace souvisí i s Českou republikou. Většina mokřadů ležící v mírném pásmu akumulují uhlík pouze v případě, pokud nejsou nikterak narušovány. Jednou z možností, vedoucích ke snížení obsahu skleníkových plynů unikajících do atmosféry, je zvýšit obsah organické hmoty v půdě. Právě tato půda se ve velkém množství vyskytuje právě v mokřadech (Armentano 1980, Armentano 1991).

Nejčastěji najdou mokřady svého využití v pramenních lokalitách, v plochých nivách vodních toků, které je napájí, nebo jsou napájeny pouze srážkovou vodou. Mokřady a jejich okolí většinou obrůstá vlhkomilná vegetace, která je pro každý typ mokřadu specifická (Dostál et al. 2019).

Mokřad může být dvojího typu. Buďto může být přírodního charakteru nebo může být vhodně navržen a provozován díky lidské síle. I tak mokřady nevyžadují v podstatě žádnou velkou údržbu. Mokřad má vzácnou vedlejší vlastnost, a tato vlastnost se nazývá vedlejší ekologický efekt. Jedná se totiž o jeden z druhově nejbohatších ekosystémů v naší krajině.

U samotné realizace mokřadu může nastat problém z pohledu vlastníka či uživatele daného pozemku, jelikož mokřad vyloučí téměř veškeré možnosti jeho dalšího ekonomického využití (Dostál et al. 2019).

5.5.3 Suché vodní nádrže

Realizace suchých vodních nádrží spadá do jednoho z několika rozšířených opatření proti povodním. Díky akumulaci vody v suché vodní nádrži lze navýšit akumulační kapacitu říční nivy v okolí suché nádrže (Taufmannova & Jeníček 2011).

Proč se těmto nádržím říká „suché nádrže“? Suchá nádrž se nazývá proto, že v povodí není trvalá vodní hladina v době bez povodní. Tyto nádrže se právě zaplavují v době povodní. Okolí suché nádrže by mělo být zabezpečeno hrázemi, aby nedošlo k zaplavení okolních oblastí. Většinou se suché nádrže budují v blízkosti vodních toků, ke kterým se nádrže napojují a kterým zároveň suché nádrže regulují vodní hladinu a zásobují je vodou (Harbulakova & Lechman 2018).

Suché vodní nádrže jsou založené na principu malé průtočné vodní nádrže s trvale nehrazenou výpustí. Přítok, který se do vodní nádrže dostává, může přesáhnout kapacitu výpustí. Pokud tato situace nastane, začne se vodní hladina v nádrži zvyšovat. Až přítok poklesne, začne takto nashromážděná voda pomalým tempem klidně odtékat (Dostál et al. 2019).

Jaký efekt přinese suchá nádrž, co se týče předcházení sucha v krajině? Tento efekt funguje tehdy, pokud je suchá vodní nádrž navržena pro malé trvalé nadržení. Pokud bude nádrž navržena tímto způsobem, získá díky tomu okolní krajina hned několik ekologických výhod. Mezi tyto výhody patří určitě vznik trvalé volné vodní hladiny a vznikne tak zde i mokřadní vegetace. Za tyto výhody však odpovídá velikost trvalého nadržení. V tomto případě platí, že čím je trvalé nadržení větší, tím dává i větší význam, co se týče předcházení sucha a sníží se riziko vzniku povodní (Dostál et al 2019).

Poldry se budují v oblastech, které často ohrožují povodně. Dále se také budují v místech, kde není možné aplikovat technická opatření. V horských oblastech poldry umožňují efektivně transformovat srážkovou vodu v době intenzivních dešťů (Taufmannova & Jeníček 2011).

Poldr a suchá vodní nádrž jsou si velmi podobné, s tím rozdílem, že poldrem neprotéká vodní tok, ale většinou se nachází bokem. V době, kdy se povodňová vlna z poldru vytratí, odtéká tato voda buďto samovolně, nebo může být po určitou dobu zadržena v poldru a vypouští se až po nějaké době. Zde ovšem nastává jedno riziko. Může se totiž stát, že v období, kdy je poldr ještě naplněn vodou, přijde další povodňová vlna a poldr tím pádem nemá kapacitu pro tolik vody. Tudíž se jeho funkce ztrácí. Toto riziko se bere na vědomí a podle něj se navrhuje i příslušná opatření, díky kterým by se mělo toto riziko alespoň snížit (Dostál et al. 2019).

Poldry by měly snížit maximální průtok a akumulovat srážkovou vodu při zvýšeném odtoku v dané oblasti (Taufmannova & Jeníček 2011). Opatření se navrhuje tak, aby průtok i odtok v poldru procházely směrem dolů po toku a transformaci povodňové vlny (Dostál et al. 2019).

6 Hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaném prostředí

Mnoho zemí na světě trpí nedostatkem vody. V závislosti na intenzitě srážek najde dešťová voda mnoho svých dalších využití. Lze ji použít v domácnostech jako vodu užitkovou, k zalévání zahrad, ke splachování toalet a po patřičné úpravě se může stát i vodou pitnou. Dále může být vhodná i pro použití v zemědělství. Tato využití se hodí nejen u nás, ale hlavně v rozvojových zemích, kde je o vodu opravdu nouze. Většina rozvojových zemí bojuje s nedostatkem vody a vyznačují se nízkým úhrnem srážek, což vede k riziku sucha a také k potravinové nejistotě. Kromě výše zmíněných využití by mohlo v těchto chudších regionech hospodaření se srážkovou vodou zlepšit právě potravinovou a vodní krizi (Helmreich a Horn 2009). Ovšem i nejbohatší státy a města ve světě nemají dostatek financí, pozemků a politické vůle natolik, aby mohly principy HDV uplatňovat a řešit tak i riziko záplav (Vítek 2008).

Hospodaření se srážkovou vodou a samotné zachycování těchto vod lze zpozorovat již po tisíciletí. Jedná se o jednu z nejstarších praxí, která se využívala pro řešení zásobování vodou. Za posledních několik desetiletí, i díky neustále zdokonalujícím se technologiím, spousta zemí naplno podporuje zavádění takovéto praxe se stejnými cíli. Tyto cíle řeší neustále rostoucí poptávku po vodě, která se spojuje nejen se společenskými a environmentálními změnami, ale hlavně také se změnami klimatickými (Amos et al. 2016).

Pojem hospodaření se srážkovou vodou lze najít pod zkratkou HDV. Již většina vyspělých zemí má stejný přístup k této problematice a jejich snaha změnit přístup k dešťové vodě je čím dál tím vyšší. Realizace procesu hospodaření s dešťovými vodami závisí na konkrétním místě a také výběr vhodné technologie záleží na ekonomické situaci a konkrétních předpisech v jednotlivých státech světa. Přestože mnoho států si vytvořilo vlastní podklady a protokoly k návrhu HDV, tak většina z nich cílí převážně k šetření s vodou. Dále již bohužel moc nezvažují i další možné potenciální výhody spojených se systémem HDV (Campisano et al. 2017).

V České republice se již několik let uskutečňuje mnoho zajímavých projektů, díky kterým se princip HDV uplatňuje v jednotlivých stavbách, územně plánujících dokumentech, v koncepcích odvodnění ve městech apod. Naše legislativa obsahuje jasné ukotvení, bohužel i tak je hospodaření se srážkovými vodami bráno spíše jako alternativní řešení nebo bonus k doposud klasickému způsobu odvodnění. Důvodů, proč tomu tak je, může být několik. Problém lze najít v prosazování vodohospodářské politiky, ve špatné komunikaci s profesními sdruženími, málo dotačních grantů a programu, které se zajímají o tuto problematiku. A v neposlední řadě může být kámen úrazu i v mizivé osvětě (Vítek et al. 2015).

Princip hospodaření se srážkovou vodou se liší od principů konvekčního odvodnění. Rozdíl spočívá v tom, že konvekční odvodnění využívá jako nejbližší vhodný recipient pro odvodnění srážkové vody kanalizaci. Konvekční odvodnění se v první řadě snaží veškeré množství srážkové vody dostat do kanalizace. Z hlediska HDV se toto řešení jeví jako nepřijatelné. Což neznamená, že systém hospodaření se srážkovou vodou kanalizaci nepotřebuje či nijak zakazuje. Naopak ji v různých krizových případech potřebuje, ale vnímá ji spíše jako poslední fázi ve svém procesu, ve kterém se řeší napojení dešťového odtoku. Většinou se při procesu HDV využije jednotná kanalizace v tom případě, kdy už jiné možné varianty jsou vyčerpány. Princip HDV stojí na takové zásadě, která se snaží v co největší míře zanechat v přírodě přirozený koloběh srážkové vody (Vítek et al. 2015).

6.1 Cíle hospodaření

Princip hospodaření se srážkovou vodou zahrnuje hned několik důležitých strategických cílů. Mezi první cíl spadá snaha o dosažení pokud možno co nejvíce přirozené vodní bilance. To znamená, že snaha je v obnovení přirozené vodní bilance ve starých zástavbách. V nových zástavbách se jedná spíše o její zachování. Možností, díky kterým lze přirozené vodní bilance dosáhnout, je několik. Například co nejvíce minimalizovat povrchový odtok a zvýšit infiltraci a přirozený výpar, s čímž souvisí snížení rizika sucha a povodní (Stránský et al. 2019).

Druhým cílem může být celková ochrana daného urbanizovaného území před zaplavením v době vydatných dešťů, které kanalizace občas zkrátka nestačí pohltnout (Tejkalová & Stránský 2020).

Mezi třetí důležitý cíl patří ochrana povrchových a podzemních vod. Touto ochranou je myšleno co nejvíce snížit znečištění a hydraulické zatížení povrchových vod. Lze proto aplikovat různé přepady z odlehčovacích komor zejména u jednotných kanalizací. Co se týče oddílné kanalizace, tak zde je snahou zajistit hlavně dobrý odtok. Celkově tento cíl směřuje ke zvýšení biodiverzity, předcházení znečištění a zlepšení vlastností těchto vod (Tejkalová & Stránský 2020).

Další možný cíl, který je čím dál tím víc zmiňován mezi společnostmi, se snaží snížit spotřebu pitné vody, díky nahrazení této vody vodou srážkovou. Hodně lidí si ani neuvědomuje, že zbytečně využívá pitnou vodu i v takových případech, kdy se tato voda dá ušetřit a nahradit ji tak vodou srážkovou. Srážková voda se dá v domácnostech využít jako voda užitková. Využíváním této vody lze tak snížit v dnešní době vysoké nároky na samotnou spotřebu, dopravu a výrobu pitné vody.

V neposlední řadě mezi strategické cíle patří samozřejmě i zlepšení mikroklimatu v intravilánech. Jedná se hlavně o zvýšení vlhkosti vzduchu, snížení teploty vzduchu a také snížení prašnosti, která je v městských oblastech vysoká kvůli dopravě, průmyslu apod.

Hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaném území také podporuje estetické, rekreační a další jiné způsoby využití vody. Čím dál více se prosazují revitalizace vodních ploch v zastavěném prostředí a podporuje se i zanesení sídelní zeleně ve městech (Tejkalová & Stránský 2020). Když se propojí vodní plochy a vzrostlá zeleň v městském prostředí, které splňují vodohospodářský účel, přináší tato kombinace i řadu výhod, co se týče komfortu žití ve městech (Vítek et al. 2015). Zmíněné cíle mají pro své splnění několik vhodných opatření, které popisují v následujících kapitolách.

6.2 Srážková voda v urbanizovaném území

Hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaném území přišlo až postupem času. První otazník nastal již v 19. století, kdy města zažila řady epidemií. Příčinou těchto epidemií bylo špatné nakládání se splaškovými vodami, jelikož v té době tyto vody tekly volně po uličních sítích. V době, kdy přišlo, se splaškové vody mísily i se srážkovým odtokem a takto společně se dostávaly do městských prostor a samozřejmě také do zdrojů s pitnou vodou. Právě tento problém měl za následek špatnou hygienu lidí a rozvoj chorob. Jediné možné řešení bylo plošně vybudovat první stokové systémy. Některé stokové systémy takto fungují dodnes. Vzniklo tak

městské odvodnění díky postupnému rozvoji urbanizace. Městské odvodnění mělo tak zajistit, pokud možno kvalitnější hygienu a v neposlední řadě také chránilo intravilány před větším množstvím srážkového odtoku. Takto nejrychlejší odvodnění nabízela jednotná stoková síť, ve které se společným potrubím odváděly splaškové i dešťové vody dohromady. Postupem času byl odvod těchto vod rozdělen a vznikla tak oddílná stoková síť. Tyto stokové sítě v dnešní době bereme jako klasické způsoby pro odvodnění srážkových vod. Ovšem postupem času, díky rozvoji urbanizace, vysokému nárůstu přibývajících zpevněných ploch a také díky měnícímu klimatu, se bohužel jeví tyto klasické způsoby odvodnění jako dlouhodobě neudržitelné. Před desítkami lety nebylo možné počítat s tak razantním nárůstem zastavěných ploch (Vítek et al. 2015).

V dnešní době vzniká mnoho nejrůznějších strategií, možností, koncepčních a akčních plánů, které se zabývají a řeší negativní dopady změn klimatu na naši Zemi. Vzniká čím dál více společností zabývajících se principy HDV. Společnosti mají snahu se navzájem předhánět v nejlepších možných řešeních této problematiky. Nabízí tak chytré technologie a vhodné materiály, které co nejlépe zpomalí srážkový odtok a zadrží srážkovou vodu v místě jejího dopadu na urbanizované území. V ideálním případě by bylo ji v místě jejího dopadu následně využít k potřebným účelům a nahradit touto vodou vodu pitnou. Realizace principů správného hospodaření s dešťovou vodou neproběhne mávnutím ruky. Záleží na mnoha aspektech, díky kterým může realizace proběhnout. Ne vždycky to brzdí finanční situace v dané oblasti, ale i rozdílné názory účastníků daného projektu v územním plánování, výstavby a v zavedení lepšího hospodaření se srážkovými vodami (Hrdinka 2019).

Pro urbanizované území je typickým znakem vysoký podíl nepropustných a zastavěných ploch. Mezi takové plochy spadají parkoviště, chodníky, dvory, dopravní komunikace a střechy budov. V městských oblastech takto zpevněné plochy tvoří 70 % a více z celkové plochy povodí. Přirozené povodí dokáže srážkovou vodu dopadající na povrch infiltrovat do podloží. Tento jev však v povodí urbanizovaném, díky velkému množství nepropustných ploch, možný není. Co se týče výparu, tak ten je v urbanizovaném povodí také snížen. Vsakování v povodích, kde se nachází přirozený vegetační povrch, se až 50 % vody vsákne do podloží, 10 % tvoří povrchový odtok a 40 % vody se vypaří díky evapotranspiraci. V urbanizovaném povodí se vsákne do podloží pouhých 15 % vody, která dopadla na zemský povrch. Naproti tomu zas povrchový odtok dosahuje až 55 % z celkové části dešťových srážek. Avšak evapotranspirace v urbanizovaném povodí představuje cca 30 % (Vítek et al. 2015; Helmreich 2021).

6.3 Modro-zelená infrastruktura

V urbanizovaném prostředí, zejména ve městech, roste potřeba transformovat změny týkající se hospodaření s vodou. Tyto změny by měly reagovat na neustále rostoucí urbanizaci, výkyvy počasí a na období sucha. Rostoucí urbanizace má za následek snižování propustnosti zeleně a posouvá městské prostředí dále od klasických přirozených procesů. Které souvisí s vodním cyklem v naší krajině. Bylo zjištěno, že více než 50 % naší světové populace žije převážně ve městech a očekává se nikoliv pokles, ale naopak růst. My, lidé, jsme součástí vodního koloběhu na Zemi, a právě toto nese riziko v přetížení kanalizačních sítí ve městech a

zvýšení rizika povodní. Zasáhne to samozřejmě i dopravu, energetiku a celkovou městskou infrastrukturu (O'Donnell 2020).

Co vlastně pod sebou skrývá název „modro-zelená infrastruktura“? Modro-zelená infrastruktura souvisí s přírodě blízkými opatřeními, která zajišťují udržování vodního koloběhu. Modro-zelená infrastruktura se stále častěji aplikuje jako skvělá alternativa v šedé infrastruktuře. Města se takto čím dál více adaptují v důsledku změny klimatu (Macháč 2017).

Například prostřednictvím aplikování zeleně a vsakovacích ploch ve městech, se zajistí přirozené vsakování srážkových vod, a zvýší se tak i výpar. Srážková voda najde spoustu smysluplných možností, jak ji opakovaně využívat. Záleží na každém, jak s touto možností naloží. Další výhodou aplikování zeleně ve městech, je určitě i ochrana člověka před horkými dny, jelikož nepropustné plochy jsou v horkých letních dnech rozpálené a od nich se následně ohřívá i vzduch. Zelené povrchy zvyšují vlhkost a zároveň tak plní i estetickou funkci. Modro-zelená infrastruktura patří právě do těch opatření, která přispívají k adaptaci na klimatické změny zejména v urbanizovaných oblastech. A v neposlední řadě snižuje riziko sucha a povodní (Vítek 2018)

Aplikování modro-zelené infrastruktury v České republice není na takové úrovni, aby z hlediska udržitelnosti docházelo ve městech k odvodňování podle principů hospodaření se srážkovou vodou. Ve vodním a stavebním zákonu se sice vyskytují předpisy o dodržování principů hospodaření se srážkovými vodami, ale i tak to není úplně jednoznačné pro aplikaci modro-zelené infrastruktury ve městech. V České republice není přímo jasné, co má nový projekt obsahovat co se týče HDV. Podobně tak u starých zástaveb není jasné jejich odvodnění srážkových vod a případně povinnost přidělat zařízení vhodného odvodnění (Vítek 2018). Avšak po aktualizaci vodního zákona již obsahuje podmínky pro nové projekty staveb a povinnost stavebníka zajistit omezení povrchového odtoku a zajistit tak zařízení pro nakládání se srážkovými vodami. Bez splnění podmínek zákona není možné stavbu povolit (Vodní zákon).

6.3.1 Zelené střechy

První z možností budování modro-zelené infrastruktury mohou být například zelené střechy. Touto možností se myslí nahrazování klasických krycích povrchů střech, které známe v našem životě, za povrchy s vegetačním povrchem. Střechy pokryté klasickými materiály, jako například keramické nebo betonové tašky, asphalt či plast a další, mají právě tu nevýhodu, že veškerá voda dopadající na zmíněné povrchy, stéká ve většině případů do veřejné kanalizace. Další problém běžně užívaných povrchů nastává v létě, kdy se střechy rozpálují od slunečního záření a tím pak i ohřívají své okolí. Problém lze vyřešit aplikací zelených střech. Zelené či vegetační střechy mají retenční schopnost a díky té pak dokážou ochladit své okolí (Vaculíková 2022). Tyto střechy mají několik výhod. Zelené střechy poskytují tepelnou izolaci domů a v zimě tudíž není potřeba tolik energie pro vytápění. Naopak v letním období šetří elektřinu spotřebovanou klimatizací. Mezi další výhody lze zařadit například také snížení prašnosti, zadržování vody v krajině, schopnost hospodaření se srážkovou vodou, zmenšení objemu vody v kanalizaci a celkové zlepšení klimatu v krajině. A v neposlední řadě zlepšují biodiverzitu a jsou domovem pro řadu živočichů (Zelené střechy 2021)

Zelené střechy se skládají z vegetační vrstvy, která obsahuje i substrát, ve kterém se právě zadržuje voda a dále také obsahuje drenážní vrstvu, která má sloužit k odvodu přebytečné vody. V Evropě se dle hloubky substrátu dělí zelené střechy na dva hlavní typy, a to zelené střechy extenzivní a intenzivní.

Extenzivní střechy se skládají ze substrátu o hloubce okolo 150 mm a ideálně se tento typ hodí pro instalaci na šikmé střechy. Tyto šikmé střechy mohou mít sklon až 45° (Mentens et al. 2006). Tento typ střechy má tu výhodu, že nevyžaduje téměř žádnou údržbu. V případě, kdy bude vrstva zeminy tenká a hmotnost dané střechy by byla omezená, lze tento typ střechy aplikovat na stávající budovu bez použití vyztužení (Locatelli 2014).

Intenzivní zelené střechy mohou mít hloubku substrátu i více jak 150 mm. Pro tento typ se hodí ideálně trávy, keře a vytrvalé byliny tvořící převážnou část vegetace na těchto střechách (Mentens et al. 2006). Intenzivní střechy vyžadují pravidelné zalévání a hnojení (Locatelli 2014).

Výkon zelených střech závisí na zeměpisných podmínkách dané oblasti, kde je zelená střecha aplikována. Dále také záleží na klimatických podmínkách, množství srážek, použitých materiálech a stavebních postupech použitých pro zelené střechy. V době srážek se řadí mezi nejdůležitější procesy při zachycování srážek vegetační vrstvou střech hlavně infiltrace a retence vody v půdním substrátu a také zadržení vody v drenážní vrstvě zelené střechy. Pokud akumulační kapacita zelené střechy dovéší svého maxima, bude přebytečná voda odvedena do odtoku. V bezdešťovém období se nashromážděná voda uschovaná v zelené střeše vypaří díky evapotranspiraci (Locatelli 2014).

Zelené střechy mají tu výhodu, že se pro jejich aplikaci nemusí nutně využívat nové prostory, ale stačí ve většině případů dodatečně namontovat na současné klasické střešní krytiny (Locatelli 2014). Zelené střechy snižují v městských oblastech riziko záplav a obnovují přirozenou vodní rovnováhu. Dále také odlehčují zatížení kanalizačních systémů vodou a snižují obsah znečištěných látek (Buccola & Spolek 2011).

A v čem spočívá výhoda zelených střech oproti klasickým střešním povrchům? Zelené střechy totiž snižují odtok díky své hlavní funkci, kterou je zadržování vody a evapotranspiraci. Objem zadržené vody záleží na rozložení intenzity srážek, vlhkostních podmínkách, celkových vlastnostech a také na schopnosti vyschnutí zelené střechy. Mezi vlastnosti zelené střechy se řadí například sklon střechy, tloušťka vrstvy substrátu, druhy materiálu apod (Mentens et al 2006).

Během roku mohou intenzivní zelené střechy zadržet až 75 % srážkové vody. U extenzivních střech se schopnost zadržení těchto vod pohybuje okolo 45 %. V zimě je retence srážkové vody v zelených střechách nižší než v létě, díky rozdílu v rozložení srážek a evapotranspiraci (Mentens et al. 2006).

Na zelené střechy existují u nás v České republice i dotace. Ministerstvo životního prostředí nabízí totiž dotace z fondu EU, konkrétně v projektu „Nová zelená úsporám“. Je škoda této možnosti nevyužít, obzvláště když se dá zatravnit téměř každá střecha. Ideální podmínkou je, když má střecha sklon do 5°. To však není podmínkou, a i střechy s vyšším sklonem lze zatravnit po zajištění proti sesuvu zatravnění, ke kterému slouží patřičné konstrukce. Pokud daný projekt na realizaci zelené střechy obsahuje vše, jak má být, lze na něj dostat dotaci až ve výši 500 Kč za m² (Zelené střechy 2021).

6.3.2 Propustné plochy

Plošné zasakovací plochy lze vybírat z několika druhů dle druhu pokryvu. Mezi oblíbené plochy se řadí plochy travnaté z důvodu jejich vysoké retenční schopnosti a kapacity odpaření. A v neposlední řadě také díky jejich efektivnímu čištění srážkové vody. Travnaté plochy se lehce udržují, náklady na pořízení a udržování jsou poměrně nízké, což jsou další pozitiva (Hlavínek et al. 2007).

Travnaté plochy se využívají ve městech i v tramvajových tratích. Otázkou je, zda zelené plochy lze brát jako možné ohnisko biologické rozmanitosti, co se týče travních porostů. Ve městech se většinou nachází málo míst, kam mají obyvatelé omezený přístup, tudíž hlavním rizikem je sešlapávání travních porostů (Sikorski et al. 2013).

Tramvajové tratě vyžadují vegetaci, která by měla dosahovat přibližně stejné výšky, ale neměla by být bohatá, co se týče travních druhů (Sikorska et al. 2017). Většinou se tyto travnaté plochy skládají z víceletých druhů trav. Zatravněné tramvajové tratě mají nejen výhodu, co se týče v retenční schopnosti, ale snižují hluk a prašnost ve městech (Sikorski et al. 2018).

Zatravněné šterkovité plochy patří mezi další typ zasakovacích ploch. Vlastnostmi se rovnají povrchům zatravněným, a navíc snesou i větší zatížení. V běžném životě na ně lze narazit na parkovištích či u přístupových cest ke garážím. Právě díky své odolnosti, snesou nájezdy automobilů (Hlavínek et al. 2007).

Třetím typem je tzv. propustná dlažba, která se skládá z dutin a spár, díky kterým se voda lépe dostane do podloží. Svého využití najde na cyklostezkách, chodnicích a také parkovištích. Čtvrtým a posledním typem ploch, se kterým se můžeme setkat, jsou propustné plochy z asfaltu nebo betonu. Normální beton a beton propustný se od sebe liší svým složením. Propustný beton se skládá z menšího množství jemných částic, což umožní lepší a větší pórovitost dané plochy a voda má tak větší šanci se vsáknout do podloží (Hlavínek et al. 2007).

7 Využití srážkových vod

Srážková voda byla ještě před pár lety v městských oblastech vnímána jako něco, co tam nepatří. V ideálním případě se vody lidé chtěli hned zbavit prostřednictvím veřejné kanalizace. V dnešní době tomu už tak naštěstí není. Veřejná prostranství měst dávají příležitost ukázat světu vhodná řešení našich prostorů, které spolu sdílíme a která zároveň plní funkci sociální a přírodní (Kopp & Marval 2021).

Pod pojmem „Využití srážkové vody“ si většina lidí představí něco jako svůj dobromyslný čin, kterým se snaží šetřit vodu. Tento čin se v nedávné době stal povinností, kterou předepisuje legislativa. Proto nyní téměř každá novostavba musí obsahovat opatření, které nějakým způsobem akumuluje srážkovou vodu, a je jen na každém, jak s takto nashromážděnou vodou naloží pro své vlastní účely (Jirmus & Plotěný 2016).

Srážkovou vodu ovšem lidé využívali odjakživa. Mezi nejčastější využití patřilo zalévání rostlin. Srážková voda má totiž tu výhodu, že nezasoluje půdu a co se týče výživy a potřeb rostlin, je srážková voda zcela dostačující. Dalším odvětvím, kde se dá srážková voda

následně využít, je praní prádla. Díky tomu se dá i uspořit množství pracích prostředků (Plotěný 2019).

7.1 V České republice

V České republice se čím dál více začíná prosazovat systém hospodaření se srážkovou vodou a stává se jako běžnou součástí technického zařízení budov. Legislativa ČR uvádí u novostaveb a při rekonstrukcích budov povinné zavedení systémů pro sběr srážkových vod. Největší zastoupení v možnostech využití této vody má stále zálivka zahrad u rodinných domů. U většiny rodinných domů či bytových budov dnes běžně nacházíme u okapů nádrž, sud či barel, do kterého se shromažďuje okapem srážková voda. I u nás existují dotace na využití srážkové vody uvnitř budov, zejména na praní prádla či splachování toalet. Do budoucna se přemýšlí i o nahrazení pitné vody za srážkovou vodu k použití i pro domácí vaření a jako voda pitná. V některých případech se mluví i o využití této vody pro osobní hygienu. Toto je však ještě v rozporu s rizikem pro lidi trpící kožními problémy a alergiemi (Plotěný 2019).

Co se týče dostupnosti technologií, které se využívají pro fungování systémů HDV v České republice, lze říct, že je jich na trhu dostatečně. Aplikování principů správného hospodaření se srážkovými vodami u nás setkáváme čím dál tím více, právě i díky novému legislativnímu ustanovení u již zmíněných novostaveb. Aplikace těchto systémů připadá do rukou většiny mezinárodním projektům, co se týče například velkých měst. V některých případech se i stává, že hospodaření s dešťovou vodou je na daném pozemku vynucené vzhledem k zvláštním okolnostem, jako může být například horší přístup k připojení stokové sítě, nebo také omezení takovéto sítě kapacitou. Což právě lze vyřešit aplikací systémů HDV (Stránský et al. 2008).

7.2 V zahraničí

V poslední době se jako alternativní zdroj vody stalo velmi populární zachycování srážkové vody již v mnoha zemích světa. Zachycování a následné využívání srážkové vody se stalo jednou z možností, kterou lze zmírnit přetrvávající vodní krizi kvůli nedostatku srážek. Každá země má jiné zkušenosti, možnosti a postupy při shromažďování srážkových vod (Syed 2016).

Mnoho zemí vytvořilo právní a ekonomické podmínky na podporu a prosazení správného hospodaření s dešťovou vodou. Tyto podmínky spadají i do politiky v oblasti klimatu, životního prostředí a sociálních věcí. Realizační projekty podporují programy podpory, granty a dotace, které následně pozitivně ovlivňují celkovou ekonomickou rentabilitu tohoto systému (Campisano et al. 2017).

7.2.1 V Austrálii

Téma hospodaření se srážkovou vodou získalo pozornost v Austrálii v posledních několika letech. Austrálie je jeden z nejsušších kontinentů naší Země a srážky jsou zde

proměnlivé (Eroksuz & Rahman 2010). V důsledku těchto místních podmínek se Austrálie stala místem, kde se systémy hospodaření se srážkovou vodou hojně využívají (Musayev et al. 2018). Austrálská města mají v dnešní době přes milion domácností, které nějakým způsobem srážkovou vodu využívají (ABS 2010).

V současnosti se nabízí v Austrálii různé dotace poskytované vládními orgány, které se snaží přesvědčit lidi k tomu, aby se uchýlili k shromažďování srážkové vody. V Austrálii funguje v městských oblastech potrubní vodovodní systém. Ve městech existují zařízení pro shromažďování a následné využití srážkové vody jako vody užitkové – pro zalévání zahrad; mytí aut, podlah a chodníků; splachování toalet atd (Hajani a Rahman 2014).

Naopak na venkově a v příměstských oblastech, se v některých částech ještě musí vybudovat vodovodní potrubí. Právě v těchto oblastech je srážková voda hlavním zdrojem vody pro téměř veškeré účely v běžném životě, a to včetně mytí, pití, závlivky na zahradu apod (Hajani a Rahman 2014).

V oblasti jihovýchodního Queenslandu musí mít, stejně jako u nás v České republice, všechny novostavby vyřešený systém pro sběr srážkových vod (Syed 2016).

7.2.2 V Německu

U našich západních sousedů nabývá sběr srážkových vod na popularitě. Zájem roste v Německu čím dál tím více a převážně na úrovni místní samosprávy. Rostoucí zájem lze vidět zejména v oboru stavebnictví v důsledku znečištěného ovzduší způsobeného převážně z průmyslového odvětví (Syed 2016).

Stejně tak jako v Austrálii se srážková voda využívá například ke splachování toalet, mytí chodníků či zalévání zahrady. V mnoha větších městech v Německu se každý rok odvádí poplatek za odvod dešťové vody. Tento poplatek se odpouští v případě, pokud se srážková voda shromažďuje do zařízení pro to určená nebo se vsakuje do půdního prostředí. Města také poskytují granty a dotace na podporu zachycování srážkové vody včetně doplňování vody podzemní (Syed 2016).

V hlavním městě v Berlíně fungují systémy pro hospodaření se srážkovými vodami. Bere se zde ohled na úsporu vody a snahou je vytvořit lepší mikroklima ve městě. V Berlíně se za rok ušetří cca 2 430 m³ pitné vody, díky shromažďování srážkové vody v podzemních nádržích (Syed 2016). V Německu fungují cca 4 % domácností na systémech HDV a je zde aplikováno 1, 6 milionů systémů HDV (Nolde 2007).

7.2.3 Ve Spojeném království

Využití srážkové vody bere Spojené království jako tradici, obzvláště ve využití v domácnosti. Doporučuje se zde srážkovou vodu využívat pro splachování toalet, praní prádla, zalévání zahrady, mytí auta apod (Hassell 2005).

Ve Spojeném království se předpokládá, že cca 25 % spotřeby vody v domácnostech lze snížit díky náhradě této vody za vodu dešťovou. Spojené království podporuje sběr srážkové vody pomocí poskytování finančních pobídek hlavně v komerčním sektoru. Podniky, které mají

schválený systém pro sběr srážkové vody, mají dovoleno odepsat daně z jejich nákladů (Hassell 2005).

7.3 Využití srážkové vody v běžném životě

Nashromážděná srážková voda najde v každé domácnosti svého využití. Z obecných požadavků vycházejících z principů hospodaření s dešťovými vodami vyplývá jako první možnost využít srážkovou vodu jako vodu užitkovou. Což znamená využívat srážkovou vodu například k mytí nádobí či automobilů, k úklidu, praní prádla, splachování toalet a v neposlední řadě také k zalévání zahrady. V případě, kdy v daném objektu nastane situace, kdy roční zisk nashromážděné dešťové vody bude menší, než je potřeba provozní vody, doporučuje se upustit od nějakého způsobu využití dešťové vody. Další možností, jak tuto nerovnost napravit, je možné využití kombinace s další vodou (Plotěný & Bartoník 2015; Ministry of the Environment 2015).

7.3.1 Praní prádla

Co se týče praní prádla ve srážkové vodě, napadne mnoho lidí otázka, zda praní v této vodě je vůbec bezpečné. O využití srážkové vody k praní prádla rozhoduje její použité množství, kvalita praní a složení této vody. Srážková surová voda se považuje za vodu měkkou a neznečištěnou. Tudíž výhodou používání srážkové vody pro praní je, že nezanáší pračku a dále vodní potrubí, jelikož nedochází k usazování vodního kamene díky její měkkosti.

Ovšem už zachycená srážková voda nečistoty obsahuje, díky zachyceným nečistotám při průchodu atmosférou a smytých nečistot z ploch, na které voda dopadá. Záleží i na způsobu skladování, jelikož i ve špatně uzavřených nádržích může změnit svou kvalitu. Dnes už jsou však podzemní nádrže vyrobené z odolných materiálů, které zaručují zachování kvality dešťové vody a zabráňují riziku tvorby vodních květů. Navíc podzemní nádrže mají jako další příznivý faktor nízkou teplotu při uchovávání srážkové vody (Struk-Sokolowska et al. 2020).

Většina lidí má za to, že praní prádla vyžaduje pitnou vodu. Praní prádla vyžaduje pouze vodu čistou bez závad, která postačí k účinnému odstranění nečistot z prádla. Proces praní prádla spotřebuje cca 15 % celkové spotřeby vody v domácnosti (Struk-Sokolowska et al. 2020). Proto lze nahrazení tvrdé vody z vodovodu vodou měkkou brát jako způsob šetrný k životnímu prostředí (Morales-Pinzón 2014). I přes to, že srážková voda obsahuje množství nečistot, tak z výzkumu Struk-Sokolowska et al. (2020) vyplývá, že tyto nečistoty jsou klasifikovány pro praní prádla jako bezpečné.

7.3.2 Splachování toalety

Lidské exkrementy se přepravují do kanalizačního potrubí většinou pomocí pitné vody, což není zrovna efektivní (Anand & Apul 2011). V obytných budovách se za den spotřebuje přibližně 27 % vody pouze pro splachování toalet. Toto procento se bude samozřejmě zvyšovat

například u veřejných budov, kancelářských budov či obchodních domů, kde splachování probíhá v podstatě každou chvíli (Mayer et al. 1999).

V případech, kdy se shromažděná srážková voda využije ke splachování toalet, celková potřeba dodávané pitné vody se sníží nebo ji lze i pro účely splachování úplně vyloučit. I tak ale zůstanou toky odpadní vody stejné. Ačkoliv pořizovací náklady technologií pro splachování toalety srážkovou vodou jsou vyšší, naopak pak roční provozní náklady jsou nižší (Anand & Apul 2011).

7.3.3 Srážková voda jako voda pitná

Pro lidský organismus je pitná voda nezbytnou součástí života. Bohužel i v dnešní době téměř 2,1 miliardy obyvatel světa nemá k pitné vodě přístup (WHO, UNICEF et al. 2017). Dešťová voda se k životu využívala už od samého počátku vývoje lidstva (Abdelkhaleq & Alhaj 2007). Aby se dešťová voda využívala k pití, s tím jsme se setkávali jen zřídka. Zejména v rozvojových zemích, kde srážky skoro nejsou, se dešťová voda k pití využívá pouze vzácně. Kvůli znečištění nasbírané dešťové vody se doporučuje její využití směřovat k jiným účelům než jako k pitné vodě (Bui et al. 2021). Například ve Francii se využití dešťové vody zregulovalo pouze pro užitkové účely a využití této vody jako vody pitné je zakázáno, kvůli obavám o lidské zdraví (Vialle et al. 2011).

Na druhou stranu využití této vody jako vody pitné lze brát jako jednu z možností, jak ukončit závislost na vodě z veřejného vodovodu. Možnost, jak dešťovou vodu přeměnit na vodu vhodnou pro pitné účely, lze realizovat díky nainstalování vhodného zařízení pod výtokové ventily (Plotěný & Bartoník 2015). Toto zařízení pak filtruje dešťovou vodu pomocí mechanické předfiltrace a dezinfikuje se pomocí ultrafialového záření UV lampou (Gardner et al. 2006). Pro pitné účely se doporučuje k tomuto zařízení doplnit zařízení, které vodu obohatí minerály. Toto zařízení je však finančně nákladné (Plotěný & Bartoník 2015).

8 Srážkové vody jako nástroj ke zmírnění důsledků klimatických změn

V urbanistickém prostředí se zvyšují obavy z nedostatku vody a z toho vyplývá i důležitá otázka, kterou je hospodaření se srážkovou vodou (Haque et al. 2016). Problematika nedostatku vody je v rozvojových zemích určitě větší než v zemích vyspělých. Zvýšené teploty na naší planetě způsobují, při jarním tání, také úbytek vod podzemních. Konečný důsledek tohoto jevu se může následně projevit ve vodním hospodářství a samozřejmě i v zemědělství (Metelka & Tolasz 2009). Dodávání kvalitní vody do městského prostředí s sebou nese poskytnutí i dalších zdrojů, hlavně co se týče energií a dané infrastruktury. Na toto se právě obrací i mnoho států s dostatečnými podmínkami vodních zdrojů. Snaží se hledat vhodné alternativní zdroje a postupy, které snižují spotřebu vody. Jedním z potenciálních zdrojů je právě dešťová voda (Silva et al. 2015).

Stále více omílané téma, kterému v posledních letech čelíme, je právě klimatická změna. Meteorologické podmínky spadají do přírodních faktorů, které reagují na klimatickou změnu a tím i ovlivňují životní prostředí (Čermáková et al. 2019).

Za poslední desetiletí se čím dál více setkáváme s několika projevy změny klimatu. Mezi ně se řadí například extrémní úhrn srážek, období extrémního horka, nedostatek vody, sucho a záplavy. Je zřejmé, že tyto projevy zasáhnou nejvíce městské oblasti, kde se nachází velké množství obyvatel a jsou centrem dění mnoha socio-ekonomických aktivit. Na tyto klimatické projevy se v poslední době snaží města adaptovat aplikací nejrůznějších výše zmíněných opatření jako například zelené střechy, propustné plochy, aplikace sběru srážkové vody apod (Macháč et al. 2017).

Co se týče globálního oteplování, to se důsledkem většího obsahu skleníkových plynů v atmosféře také navyšuje. Globální teplota by se mohla navýšit o 1,5°C až 4,5°C. A právě tato problematika by se měla brát v potaz i při plánování a realizaci vodních zdrojů i pro důsledky klimatických změn (Stocker et al. 2014). Variabilita srážek se v budoucí době s největší pravděpodobností změní v souvislosti se změnou klimatu. Navrhování systému pro hospodaření se srážkovými vodami by mělo být zamýšleno rovnou i s možným rizikem změn srážkového úhrnu (Silva et al. 2015). Zásobování vody by mělo fungovat právě i v kontextu změny prostředí (Stocker et al. 2014).

9 Metodika

V této bakalářské práci se v praktické části zabývám otázkou využití srážkových vod ve vybraném městě. Vybrala jsem město Sedlčany, ze kterého pocházím. Město Sedlčany jsem si vybrala také z toho důvodu, jelikož se jedná o průměrné město ve Středočeském kraji a jevílo se jako ideální oblast pro zjišťování informací ohledně zpracování srážkových vod. Na základě mnou vytvořeného dotazníku sestavím ze zjištěných informací grafy, které následně podrobněji zhodnotím.

9.1 Sedlčany

Město Sedlčany leží ve Středočeském kraji a nachází se 321 m n.m. v jihovýchodní části okresu Příbram. Sedlčansko spadá do Středočeské pahorkatiny. Nachází se přibližně 60 km jižně od Prahy a necelých 30 km od města Příbram (Vodňanský 2019). Počet obyvatel byl v roce 2021 celkem 6 922 (ČSÚ 2021). Pod Sedlčany spadá dalších 9 obcí – Doubravice, Sestrouň, Třebnice, Oříkov, Solopysky, Libíň, Hradištko, Zberaz a Vítěž (Vodňanský 2019).

Co se týče vodních děl na Sedlčansku, tak v této oblasti má největší zásluhu rybníkář Jakub Krčín z Jelčan a Sedlčan. Jakub Krčín spravoval koncem 16. století celé panství v Sedlčanech, které zdědil po Rožmbercích. Největší vodní dílo na Sedlčansku spadá do jeho rukou, a nese název rybník Musík (Jankovič & Javořík 2020).

Na území Sedlčanska se také nachází Slapská přehrada na řece Vltava. Ostatně pravostranný přítok Vltavy, který se nazývá potok Mastník, protéká přímo městem Sedlčany (Větvíčka 2007).

Průměrný úhrn srážek za rok se pohybuje mezi 500-600 mm (ČHMÚ 2021).

9.2 Sběr dat

Data jsem získala na základě mnou vytvořeného dotazníku, který byl rozeslán přes sociální síť lidem žijících na Sedlčansku. Dotazník nese název „Využití srážkové vody na Sedlčansku“ a obsahuje celkem 8 otázek, které se zabývají kde daný člověk bydlí, zda shromažďuje srážkovou vodu či nikoliv a důvody, jaké zařízení k tomu využívá a jak následně tuto vodu využívá. Na dotazník se 100 % respondentů dostalo pomocí přímého odkazu na sociální síti Facebook. Dotazník obsahoval celkem 8 následujících otázek:

1. Kde se nachází dům/objekt, ve kterém žijete/pracujete?
2. O jaký typ stavby se jedná?
3. Jaké je stáří Vašeho objektu?
4. Shromažďuje se ve Vašem objektu srážková voda?
5. Pokud u předchozí otázky č. 4 byla Vaše odpověď „Ne“, z jakého důvodu nesbíráte srážkovou vodu?
6. Pokud u otázky č. 6 byla Vaše odpověď „Ano“, jaké zařízení k tomu využíváte?
7. K čemu takto shromážděnou vodu následně využíváte?
8. Pokud byste rekonstruovali Vaše stávající bydlení či jiný objekt, chtěli byste do projektu počítat s jímáním dešťové vody?

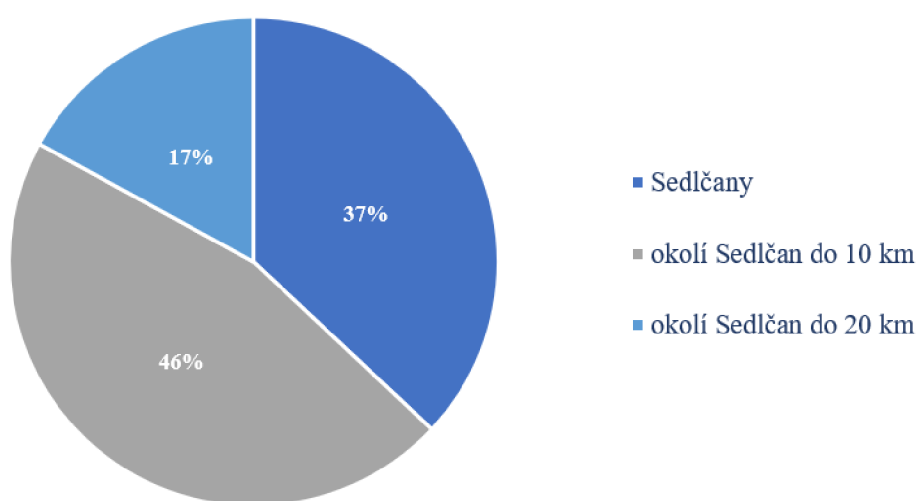
10 Výsledky

Dotazník byl přístupný po dobu 10 dnů. Úspěšnost vyplnění dotazníku byla 59,6 %. Odkaz dotazníku dostalo celkem 505 lidí ze Sedlčan a okolí, z čehož 300 jich odpovědělo a 205 neodpovědělo. Průměrné vyplnění dotazníku zabralo většinou respondentů okolo 1-2 minut.

Otázka č. 1

Kde se nachází dům/objekt, ve kterém žijete/pracujete?

Graf č. 1:



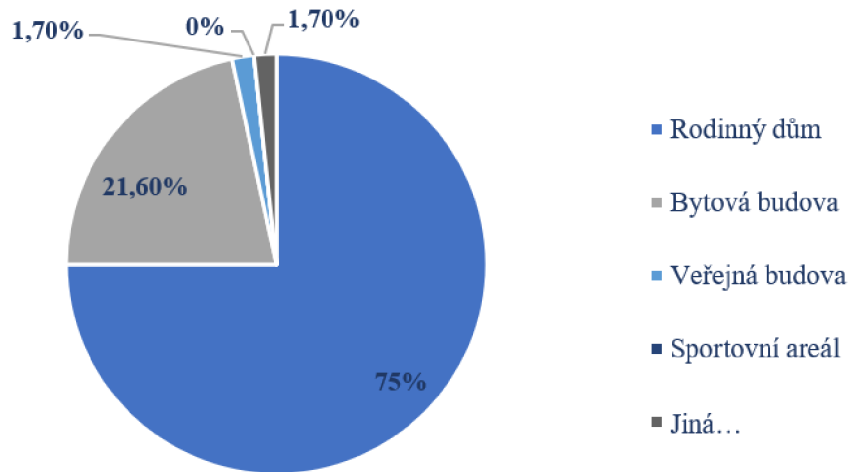
Obrázek 2 Vlastní zpracování na základě zjištěných dat z dotazníkového šetření 2022

Z grafu k otázce č. 1 v mém dotazníku vyplývá, že 138 respondentů pochází z okolí Sedlčan do 10 km, což znamená, že žijí v okolních vesnicích. Další velká část respondentů pochází přímo z města Sedlčany, konkrétně 111 (37 %). Malá část dotazovaných občanů žije v okolí Sedlčan do 20 km, konkrétně 51 (17 %). Z grafu tedy vyplývá, že většina dotazovaných (46 %) pochází z okolí města Sedlčany vzdálené do 10 km.

Otázka č. 2

O jaký typ stavby se jedná?

Graf č. 2:



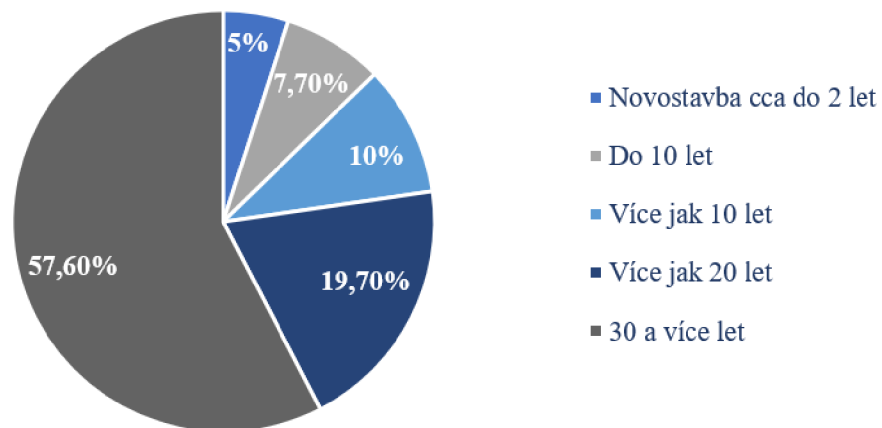
Obrázek 3 Vlastní zpracování na základě zjištěných dat z dotazníkového šetření 2022

Graf č. 2 zobrazuje zastoupení typů staveb dotazovaných respondentů. Největší zastoupení měl jednoznačně typ rodinného domu a to celkem 75 %. Dalších 65 (21,6 %) respondentů žije v bytové budově. Dalších 5 (1,7 %) respondentů žije nebo pracuje ve veřejné budově. Zbýlých 5 (1,7 %) dalo odpověď „Jiné“, kde se objevily odpovědi jako azylový dům, kravín, chata v lese, mobilheim a rekreační středisko. Sportovní areál nikdo nezvolil.

Otázka č. 3

Jaké je stáří Vašeho objektu?

Graf č. 3:



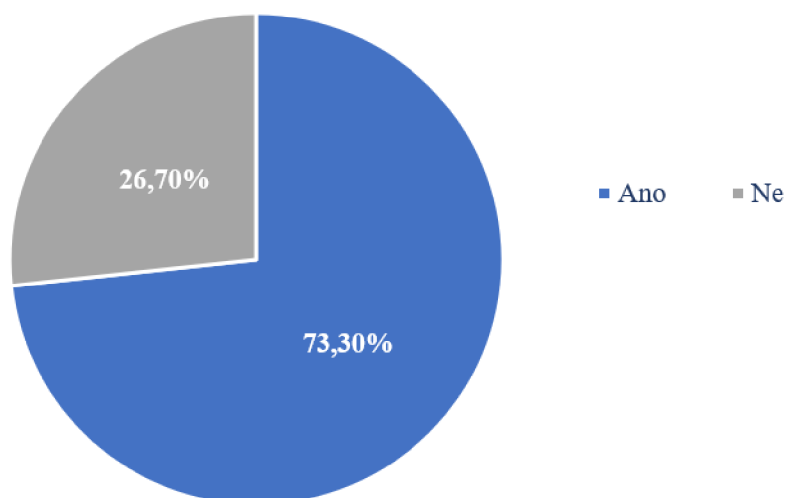
Obrázek 4 Vlastní zpracování na základě zjištěných dat z dotazníkového šetření 2022

V otázce č. 3 mne zajímalo stáří objektu, ve kterém dotazovaní občané žijí. Celkem 173 (57,6 %) respondentů žije či pracuje v budovách starších 30 let. Další větší část dotazovaných, konkrétně 59 (19,7 %), žije v objektech starších 20 let. V novostavbách žije jen 15 (5 %) dotazovaných občanů. V budovách, které mají stáří do 10 let, žije 23 (7,7 %) dotazovaných a 30 (10 %) žije v budovách starších více jak 10 let.

Otázka č. 4

Shromažďuje se ve Vašem objektu srážková voda?

Graf č. 4:



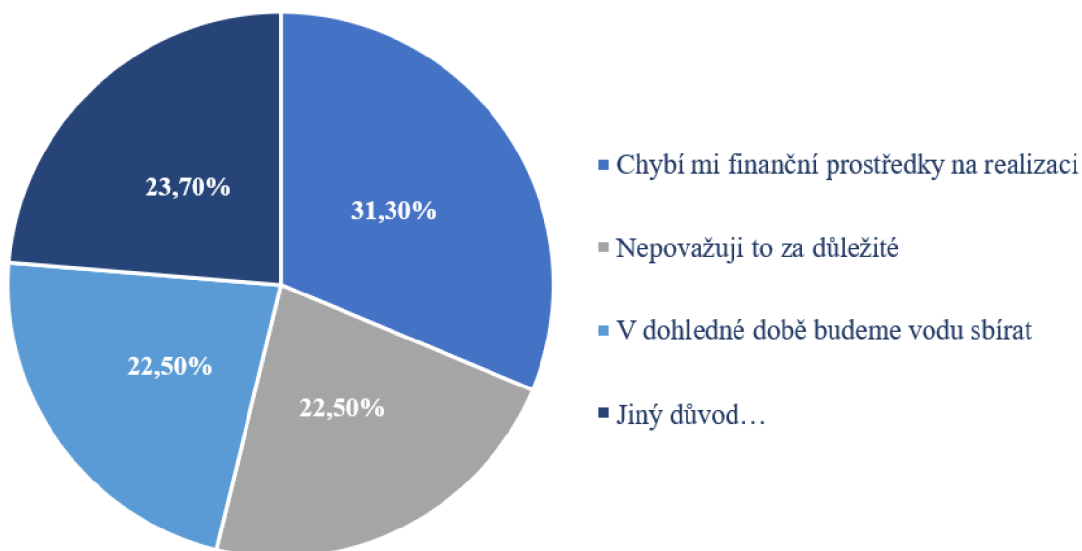
Obrázek 5 Vlastní zpracování na základě zjištěných dat z dotazníkového šetření 2022

Čtvrtá otázka zjišťuje v podstatě nejdůležitější část dotazníku, a to, zda dotazovaní shromažďují srážkovou vodu nebo nikoliv. Celkem 73,3 % neboli 220 respondentů srážkovou vodu ve svém objektu shromažďuje. Zbýlých 26,7 % neboli 80 respondentů bohužel srážkovou vodu nesbírá

Otázka č. 5

Pokud u předchozí otázky č. 4 byla Vaše odpověď „Ne“, z jakého důvodu nesbíráte srážkovou vodu?

Graf č. 5:



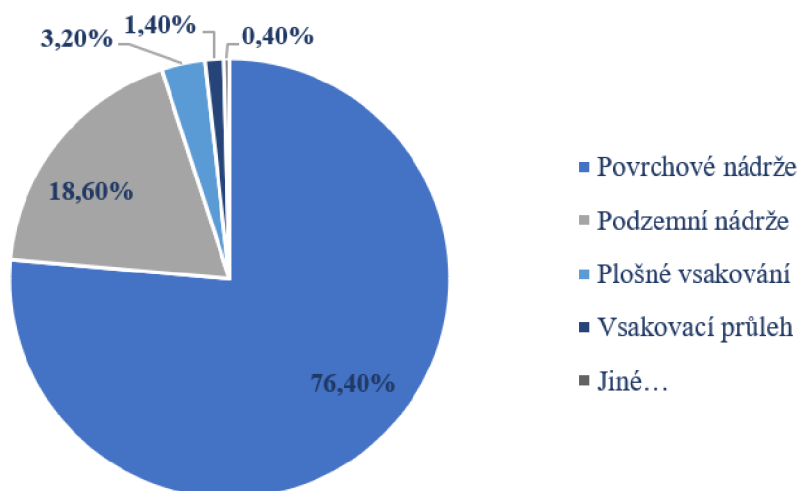
Obrázek 6 Vlastní zpracování na základě zjištěných dat z dotazníkového šetření 2022

Tato otázka se týkala těch dotazovaných, kteří u otázky č. 4 zvolili svou odpověď „Ne“. V této otázce měli respondenti svou odpověď odůvodnit, z jakého důvodu srážkovou vodu nesbírají. Celkem 25 (31,3 %) respondentům chybí finanční prostředky na realizaci systémů sloužících ke shromažďování srážkové vody. Další část, celkem 18 (22,5 %) dotazovaných, to nepovažuje za důležitou součást svého objektu, ze kterých většina žije v bytové budově, což by možná mohl být i důvod, proč to nepovažují za důležité. Dalších 18 (22,5 %) respondentů sběr v dohledné době ve svém objektu plánuje zrealizovat. Zbýlých 19 (23,7 %) respondentů zvolili Jiný důvod. Mezi těmito důvody se objevily odpovědi typu jako například: žiji v paneláku, toto záleží na majiteli objektu, žiji v pronájmu apod.

Otázka č. 6

Pokud u otázky č. 4 byla Vaše odpověď „Ano“, jaké zařízení k tomu využíváte?

Graf č. 6:



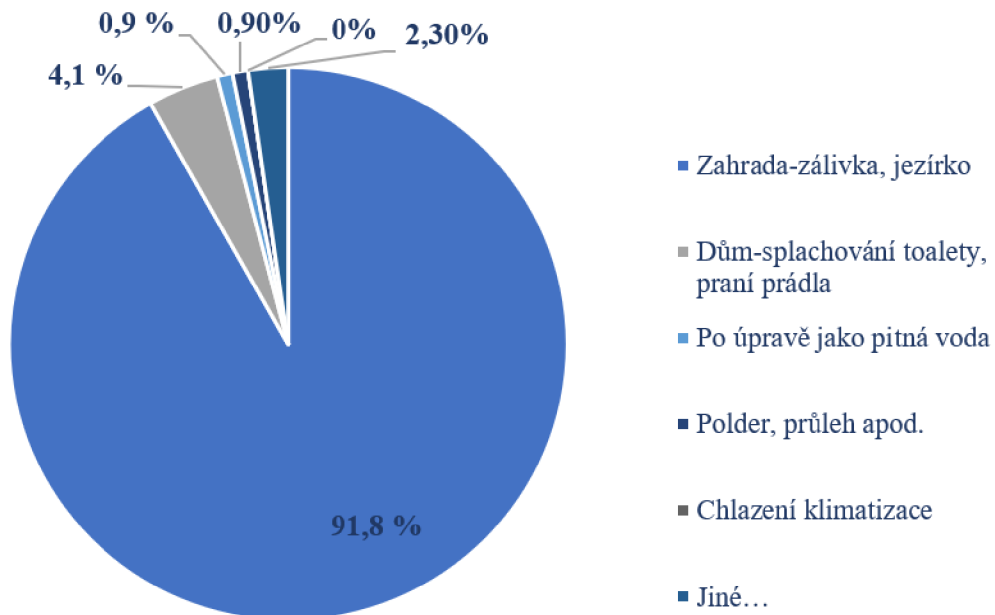
Obrázek 7 Vlastní zpracování na základě zjištěných dat z dotazníkového šetření 2022

Tato otázka se týkala respondentů, kteří sbírají srážkovou vodu, na což odpověděli v otázce č. 4. Z grafu lze vyčíst, že 168 (76,4 %) respondentů, kteří srážkovou vodu shromažďují, ji shromažďují pomocí povrchových nádrží. Dalších 41 (18,6 %) respondentů tuto vodu sbírá do podzemních nádrží. Většina dotazovaných, kteří vodu sbírají do podzemních nádrží, bydlí v rodinném domě. Plošné vsakování využívá 7 (3,2 %) dotazovaných a vsakovací průleh 3 (1,4 %). Pouhý jeden respondent (0,4 %), který využívá jiné zařízení, než se v dotazníku nabízí, využívá srážkovou vodu k naplnění rybníku na svém pozemku.

Otázka č. 7

K čemu takto shromážděnou vodu následně využíváte?

Graf č. 7:



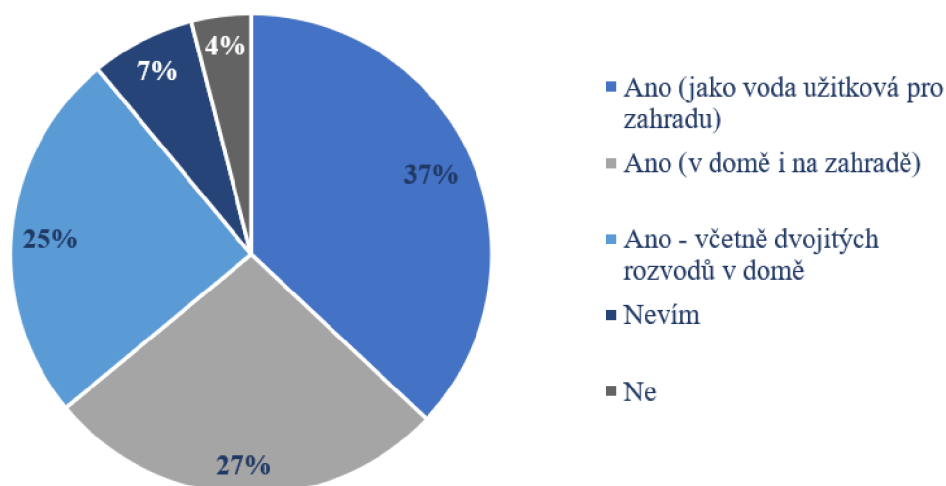
Obrázek 8 Vlastní zpracování na základě zjištěných dat z dotazníkového šetření 2022

Z grafu č. 7 je patrné, že 202 respondentů, tedy 91,8 % využívá srážkovou vodu pro zahradu. Dalších 9 (4,1 %) respondentů využívá tuto vodu k užitkovým účelům, jako například splachování toalety či praní prádla. Dva respondenti (0,9 %) srážkovou vodu používají jako vodu pitnou. Využití v poldru či vsakovacím průlehu našli dva občané z dotazovaných (0,9 %). Zbylých 5 (2,3 %) respondentů našli využití v jiných odvětvích. Našly se zde odpovědi, jako například využití pro zvířata, po vyčištění jako voda v bazénu a mytí auta.

Otázka č. 8

Pokud byste rekonstruovali Vaše stávající bydlení či jiný objekt, chtěli byste do projektu počítat s jímáním dešťové vody?

Graf č. 8:



Obrázek 9 Vlastní zpracování na základě zjištěných dat z dotazníkového šetření 2022

Poslední otázka měla zjistit, zda by občané na Sedlčansku v možné budoucí rekonstrukci jejich stávajícího bydlení či jiného objektu, měli zájem v projektu mít i započítané zařízení pro sběr dešťové vody. Celkem 267 (89 %) respondentů s tímto návrhem souhlasí, buďto jako přímé zavedení dvojitých rozvodů v domě, dále jako jímání vody jak v domě, tak i na zahradě, a dále tuto shromážděnou vodu využívat jako vodu užitkovou pro zahradu. Další část dotazovaných občanů buďto neví 21 (7 %), zda chtějí v budoucnu jímat srážkovou vodu a nejméně občanů 12 (4 %) z nějakého důvodu nechce srážkovou vodu jímat.

11 Diskuze

Tato bakalářské práce uvádí rozvoj nakládání se srážkovou vodou již od samotného začátku rozvoje člověka na Zemi. Vše začalo před 4000 lety v Izraeli, kde obyvatelé shromažďovali srážkový odtok do jednoduchých cisteren a nadále ho využívali ke svému bytí a hospodaření (Syed 2016). Na tomto samém principu přetrvává lidské hospodaření se srážkovými vodami i dnes. Postupem času, a hlavně díky rozvoji aktivit člověka, se klade čím dál větší důraz na šetření s kvalitními zdroji pitné vody a vzrostlo uvědomění, že vodní zdroje nejsou bezednými zdroji na naší Zemi (Brown et al. 2010; Tian-Ling et al. 2011).

Nadešla otázka, jak udržet tedy více vody v naší krajině? Jedná se o neustálý koloběh vody, který bez našeho lidského snažení a rostoucího zavádění nepropustných ploch nemůže sám o sobě udržet více vody na Zemi. V důsledku rostoucí populace v městském prostředí a tím pádem i velkého množství zastavěných ploch se snižuje infiltrace srážkové vody do půdy (O'Donnell 2020; Vítek et al. 2015). A právě na tuto problematiku se tato bakalářská práce zaměřuje. Snahou je tedy zvyšovat retenční schopnost našich povrchů a minimalizovat povrchový odtok dopadající srážkové vody na naši krajinu (Stránský et al. 2019).

Jedním z nejdůležitějších oblastí, kam se srážková voda vsakuje, je půda. Jačka et al. (2021) uvádí, že na retenčním potenciálu spolupracuje mnoho faktorů, jako například obsah organických látek v půdě, póry vyskytující se v půdě a také funkce žíhal v půdním prostoru přispívá ke zlepšování retenční schopnosti půdy.

Před samotným využíváním srážkových vod, je důležité si uvědomit její možné znečištění, a na základě toho zajistit případně vhodné čištění. Plotěný (2011) říká, že znečištění srážkových vod se bude lišit dle místa jejího zkondenzování. Horší složení bude mít pravděpodobně v místě s vysokým zalidněním například oproti oceánu. Na znečištění srážkové vody se podílí mnoho faktorů, které jsou opět podmíněné lidskou bytostí, jako například průmysl a doprava a v neposlední řadě také záleží na materiálech, na které srážková voda dopadá a odnáší s sebou nečistoty vyskytující se například na střeších budov, okapech, silnicích apod (Krejčí et al. 2002; Deng 2021).

Samotné shromažďování srážkové vody lze uskutečnit několika různými typy shromažďování a záleží na každém, jaké má možnosti a úmysly se srážkovou vodou nakládat. Princip samotného sběru srážkové vody v budovách funguje ve většině případech podobně. Srážky, které dopadají na střechy budov se nadále přesouvají prostřednictvím okapů a potrubních cest přímo do skladovacích nádrží, které lze umístit pod povrch nebo nad povrch (Debusk 2014; Stránský et al. 2019).

Dle Ahmad et al. (2020) přírodní vodní nádrže, mezi které se řadí stále více a více obnovované rašeliniště a mokřady, významně přispívají k navýšení retenční schopnosti v naší krajině. Přispívají nejen svou zmíněnou retenční funkcí, ale také snižují riziko požárů a zvyšují biologickou rozmanitost krajiny. Proto je lze také brát jako možnost pro lepší udržení vody v krajině.

Zvýšit výskyt systémů, které zachycují srážkovou vodu, mají ve své snaze již řady projektů a koncepčních plánů. Hospodaření se srážkovou vodou v poslední době nabývá své popularity, jak v evropských státech, tak po celém světě. Například v Austrálii, ač je to nejsušší kontinent, se srážková voda hojně využívá (Musayev et al. 2018). Campisano et al. (2017) uvádí, že samotná realizace opatření pro správné hospodaření se srážkovými vodami závisí i na

ekonomice daného státu a každý stát určuje své konkrétní podmínky pro aplikování těchto systémů. Bohužel ne všechny země mají souzonné návrhy a projekty pro stejnou funkci systémů hospodaření se srážkovou vodou. Campisano et al. (2017) říká, že většina států má jako primární cíl těchto systémů šetření s vodou, ale dále neberou v potaz i další možné výhodné funkce spojené právě s těmito systémy. Samozřejmě mít jako primární cíl šetření s vodou není nic špatného, ovšem je škoda ze zralizovaných projektů „nevyždímat“ maximum. Lze tímto přinést i další funkce, jako například protipovodňové funkce, snížení eroze, snížení rizika požárů a dalších přínosných funkcí, které naše krajina jistě ocení, a které napomáhají ke snížení změny klimatu. Tejkalová & Stránský (2020) řadí mezi další výhody také snížení prašnosti ve městech, zvýšení vlhkosti, snížení teploty vzduchu, a dále tyto systémy přispívají k rekreační a estetické funkci urbanizovaných prostředí.

Jak lze urbanizované prostředí transformovat ke zlepšení udržitelnosti hospodaření s vodou? O'Donnell (2020) uvádí jako možnost aplikaci tzv. modro-zelené infrastruktury do měst, což by mělo přispět ke zmírnění výkyvů počasí a pomoci lépe snášet období sucha. Modro-zelená infrastruktura obnáší náhradu klasických povrchů za povrchy propustné a klasické střešní krytiny vyměnit za zelené střechy. Locatelli et al. (2014) říká, že výměna známých střešních krytin za zelenou střechu lze ve většině případech aplikovat na současné střešní krytiny, což lze brát jako výhodu, jelikož není nutné zastavovat další plochy.

Důležitým tématem, kterým se tato bakalářská práce zabývala, byly možnosti využití nashromážděné srážkové vody. Ač se to nezdá, srážková voda dokáže v mnoha odvětvích nahradit i kvalitní pitnou vodu. Stále má ovšem největší zastoupení jak u nás v České republice, tak i ve světě, co se týče využití srážkové vody, užívání pro zalévání rostlin. Čemuž se nelze divit, jelikož srážková voda svým složením nezakyseluje půdní prostředí a plní výživovou potřebu rostlin (Plotěný 2019). Struk-Sokolowska et al. (2020) uvádí možnost praní prádla ve srážkové vodě. Tento způsob se jeví jako skvělá alternativa za kvalitní pitnou vodu, jelikož průměrná domácnost spotřebuje přibližně 15 % celkové spotřeby vody v domácnosti. Což je celkem velká část spotřeby vody. Morales-Pinzón (2014) bere nahrazení klasické vody z vodovodu za měkkou srážkovou vodu, jako vhodný způsob, který je zároveň šetrný k životnímu prostředí. Díky výzkumu Struk-Sokolowska et al. (2020) se zjistilo, že nečistoty, které obsahuje srážková voda nejsou nikterak ohrožující pro funkci praní prádla. Dále srážková voda najde využití ve splachování toalet a také ji lze upravit tak, že nahradí vodu pitnou pro pitné účely. Ovšem ve Francii se využití srážkové vody jako vody pitné zakázalo. Důvodem jsou obavy o lidské zdraví (Vialle et al. 2011).

Metodika této bakalářské práce se zabývala otázkou využití srážkové vody ve městě Sedlčany a jeho okolí. Město Sedlčany se jeví jako vhodný adept ke zjišťování podmínek této problematiky, jelikož se jedná o průměrné město ve Středočeském kraji. I toto město se setkává s problematikou zadržování vody v krajině a zažívá značné škody v době povodní. Ve městě a v jeho okolí není tolik vodních nádrží, které by srážkovou vodu shromažďovali. Tato otázka byla zodpovězena díky mnou vypracovanému dotazníku, který obsahoval celkem 8 otázek, a byl zveřejněn na sociální síti Facebook. Na dotazník reagovalo 300 respondentů z 505 občanů Sedlčanska. Celkem 220 respondentů z 300 dotazovaných srážkovou vodu ve svém objektu shromažďuje. Většina respondentů uvedla, že žije v rodinném domě starém 30 let a více, a většinou bydlí v okolí Sedlčan do 10 km. Celkem 168 respondentů shromažďují srážkovou vodu do povrchových nádrží a dalších 41 do podzemních nádrží. Je zajímavé, že u otázky č. 5,

kteřá zněla „Pokud u předchozí otázky č. 4 byla Vaše odpověď „Ne“, z jakého důvodu nesbíráte srážkovou vodu?“ celkem 18 respondentů, kteří srážkovou vodu nesbírají, ji nesbírají z důvodu, že jim to nepřijde důležité, což mne překvapilo. Ovšem z těchto 18 respondentů žije většina v bytové budově, což by mohlo být právě důsledkem toho, proč tito občané tuto problematiku nikterak neřeší, a nejeví o ni zájem. U této otázky také mnoho respondentů zvolilo jako svůj důvod nedostatek finančních prostředků. Což je častým důvodem nejen v Sedlčanech, ale i v celé České republice a ve světě. Celkem 202 respondentů využívá srážkovou vodu jako zálivku na zahradě a 9 respondentů využívá tuto vodu pro splachování toalety a praní prádla. Dva lidé z dotazovaných využívají tuto vodu jako vodu pitnou. Poslední otázka měla zjistit, zda mají dotazovaní zájem při případné budoucí rekonstrukci jejich stávajícího bydlení, či jiného objektu, zahrnout do projektu jímání srážkové vody. V této otázce mne mile překvapilo, že celkem 267 respondentů s tímto návrhem souhlasí, což vyznačuje jejich zájem o tuto problematiku a snaží se ji zahrnout do svých životů. Celkově hodnotím dotazník kladně, jelikož ze získaných odpovědí lze vidět vědomí o využívání srážkových vod občanů na Sedlčansku a ve většině k tomu přistupují velice pozitivně.

Ve výsledcích této bakalářské práce je patrné, že využívání srážkových vod přináší vhodný potenciál ke zmírnění důsledků klimatických změn. Téma hospodaření se srážkovými vodami lze v dnešní době vidět čím dál více, a proto se také neustále rozvíjí nové možnosti a technologie pro využívání těchto vod v našem území. Silva et al. 2015 uvádí doporučení navrhovat do budoucna systémy pro hospodaření s vodou již s možným rizikem změn srážkových úhrnů a dalších možných změn souvisejících s měnícím se klimatem.

12 Závěr

V této bakalářské práci byly představeny různé možnosti, jak srážkovou vodu shromažďovat, jakými procesy ji lze vyčistit. Čištění se ukázalo, jako jeden z důležitých kroků celkového nakládání se srážkovou vodou v budovách, které je potřebné pro její následující využití. Srážková voda v urbanizovaném území bude v dohledné budoucnosti brána jako komodita, která může významně přispívat k postupnému zmírnění dopadajících klimatických změn. Existuje nepřehledné množství možností, které plní tu samou, ne-li lepší funkci, a k tomu nevyžadují nikterak zásadní vstup do krajiny.

V posledních letech nejen v zahraničí, ale i v České republice, přineslo hospodaření se srážkovou vodou jako téma mezi lidmi značný vzestup. Tento fakt vyplynul i z dotazníku, který se stal součástí této práce. Dotazník zjišťoval informace o tom, jak se srážkovou vodou nakládají obyvatelé na Sedlčansku ve Středočeském kraji. Značná většina obyvatel Sedlčanska, ač se jedná o poměrně malé město, srážkovou vodu využívá. Respondenti projevíli zájem i v případě rekonstrukce jejich objektů srážkovou vodu využívat pro zajištění chodu domácnosti.

Nedostatek vody se stal problematikou již před několika lety. V důsledku toho můžeme přispět svými činy, pomocí zachycování a následného využívání srážkových vod. Tento proces lze uplatnit již v rodinných domech. A my máme možnost ho rozvinout dál až ke středu intravilánů. Díky čemuž udržíme více vody na Zemi a přispějeme ke správné funkci klimatu.

13 Literatura

- Abdelkhaleq RA, Alhaj AI. 2007. Rainwater harvesting in ancient civilizations in Jordan. *Water Science and Technology: Water Supply*, 7.1: 85-93.
- ABS. 2010. *Environmental Issues: Water Use and Conservation*.
- Ahmad S, et al. 2020. Long-term rewetting of degraded peatlands restores hydrological buffer function. *Science of the Total Environment*, 2020, 749:141571.
- Ahmad S, et al. 2020. Water-energy nexus and energy efficiency: A systematic analysis of urban water systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134: 110381.
- Anand C, Apul DS. 2011. Economic and environmental analysis of standard, high efficiency, rainwater flushed, and composting toilets. *Journal of Environmental Management*, 92.3: 419-428.
- Armentano TV, Verhoeven JTA. 1991. Biogeochemical cycles: global. In: Patten, B.C. (ed.), *Wetlands and Shallow Continental Water Bodies*. SPB Academic Publishing, The Hague, Netherlands, p. 281–311.
- Armentano TV. 1980. Drainage of organic soils as factor in the world carbon cycle. *BioScience*, 30:825–830.
- Brown LE, et al. 2010. Priority water research questions as determined by UK practitioners and policy makers. *Science of the Total Environment*, 409.2: 256-266.
- Buccola N, Spolek G. 2011. A pilot-scale evaluation of greenroof runoff retention, detention, and quality. *Water, Air, & Soil Pollution*, 216.1: 83-92.
- Bui TT, et al. 2021. Rainwater as a source of drinking water: A resource recovery case study from Vietnam. *Journal of Water Process Engineering*, 39: 101740.
- Campisano A, et al. 2017. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water research*, 115: 195-209.
- Čermáková E, Grešlová P, Kochová T, Lepičová P, Mertl J, Pokorný J, Přech J, Rollerová M, Vlčková V. 2019. *Environmental Report of the Czech Republic*. Czech Environmental Information Agency. Prague.
- ČHMÚ. 2021. Český hydrometeorologický ústav. Měsíční a roční data dle zákona 123/1998 Sb. Úhrn srážek ve Středočeském kraji.
- ČSÚ. 2021. Český statistický úřad: Počet obyvatel v obcích k 1.1. 2021. Praha, Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112021> (accessed March 2022).
- Danhelka J. 2016. Zamyšlení nad poznáním a vnímáním oběhu vody v krajině. *Opera Corcontica*. ProQuest One Academic, no. 53, pp. 5-13.

- Debusk K, Hunt W. 2014. Rainwater harvesting: A comprehensive review of literature. 11-12-W. North Carolina.
- Deng Y. 2021. Pollution in rainwater harvesting: A challenge for sustainability and resilience of urban agriculture. *Journal of Hazardous Materials Letters*. United States: Elsevier BV (2). DOI:10.1016/j.hazl.2021.100037
- Doležal T, Vlček L, Kocum J, Janský B. 2017. Evaluation of the influence of mountain peat bogs restoration measures on the groundwater level: case study Rokytká peat bog, the Šumava Mts., Czech Republic. *Auc Geographica*. Prague: Charles University, Faculty of Science, Department of Physical Geography and Geoecology, 2(52):10. DOI:<https://doi.org/10.14712/23361980.2017.11>
- Doležal T, Vlček L, Kocum J, Janský B. 2020. Hydrological regime and physico-chemical water properties of various types of peat bog sites: Case study of Mezilesní peat bog, Šumava Mts. *Česká geografická společnost*, DOI:10.37040/geografie2020125010021
- Dostál T, Bauer M, Krása J. 2019. Retenční kapacity krajiny-prevence povodní i sucha? Pages 9-16 in Bareš V, Bauer M, Broža V, Cuřínová P, Dostál T, Fošumpaur P, Lukavcová S, Kabelková I, Krása J, Jáchymová B, Just T, Suchánek M, Pírek O, Plotěný K, Stránský D, Vitek J, Vitek R, Vokurka A., editors. *Hospodaření vodou*. Stavební kniha. ČKAIT s.r.o., Praha.
- Drnek K. 2020. Historie vodárenského a kanalizačního oboru. Tzbinfo, Praha. Available from <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/21071-historie-vodarenskeho-a-kanalizacniho-oboru> (accessed April 2022).
- Dvořáková D. 2007. Využívání dešťové vody (I)-kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení. TzB-info, Available from: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení> (accessed March 2022).
- Elo M, Penttinen J, Kotiaho JS. 2015. The effect of peatland drainage and restoration on Odonata species richness and abundance. *BMC ecology*, 15.1:1-8.
- Eroksuz E, Rahman A. 2010. Rainwater tanks in multi-unit buildings: A case study for three Australian cities. *Resources, Conservation and Recycling*, 54.12: 1449-1452.
- Gardner T, et al. 2006. Urban metabolism of an ecosensitive subdivision in Brisbane, Australia. *Proceedings of Enviro*, 6:9-11.
- Hajani E, Rahman A. 2014. Reliability and cost analysis of a rainwater harvesting system in peri-urban regions of Greater Sydney, Australia. *Water*, 6.4: 945-960.
- Haque MdM, Rahman A, Samali B. 2016. Evaluation of climate change impacts on rainwater harvesting. *Journal of Cleaner Production*, 137: 60-69.
- Harbulakova V, Lechman O. 2018. Matus. Flood control measures-dry basins-case study. Public recreation and landscape protection. Technical University of Kosice, Faculty of Civil Engineering, Institute of Environmental Engineering. Slovakia.

- Hassell C. 2005. Rainwater harvesting in the UK—a solution to increasing water shortages. In: Proceedings of the 9th International Conference on Rainwater Catchment Cistern Systems. Petrolina, Brazil.
- Hattermann FF, Krysanova V, Hesse C. 2008. Modelling wetland processes in regional applications. *Hydrological Science Journal*, **53** (5):1001–1012.
- Helmreich B, Horn H. 2009. Opportunities in rainwater harvesting. *Desalination*, 248.1-3: 118-124.
- Helmreich B. 2021. Rainwater Management in Urban Areas. *Water*, 13.8:1096.
- Hlavínek P, Mičín J, Prax P. 2000. Příručka stokování a čištění. Noel, Brno.
- Hlavínek P, Prax P, Kubík J. 2007. Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. ARDEC s.r.o., Brno.
- Hrdinka T. 2019. Jaký je ideál hospodaření s dešťovou vodou ve městě a co umožňuje realita všedního dne? Available from <https://www.pocitamesvodou.cz/jaky-je-ideal-hospodareni-s-destovou-vodou-ve-meste-a-co-umoznuje-realita-vsedniho-dne/> (accessed March 2022).
- Christian A, Rahman C, Mwangi Gathenya AJ. 2016. Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting systems in urban and peri-urban environments: A review of the global situation with a special focus on Australia and Kenya. *Water*, 8(4), 149.
- Christoph UT. 2015. Water Retention Landscape to Restore the Water Cycle and Reduce Vulnerability to Droughts. Monte de Cerro, Portugal. 2015. Available from <http://www.tamera.org/project-groups/autonomy-ecology> (accessed March 2022).
- Jačka L, et al. 2021. Effects of different tree species on infiltration and preferential flow in soils developing at a clayey spoil heap. *Geoderma*, 403: 115372.
- Jaenicke J, Enghart S, Siegert F. 2011. Monitoring the effect of restoration measures in Indonesian peatlands by radar satellite imagery. *Journal of Environmental Management*, 92.3: 630-638.
- Jankovič J, Javořík O. 2020. Sedlčany region and its surrounding not only from heaven: Sedlčansko a okolí nejen z nebe. 1. Zlín: Creative bussines studio, Available from <https://www.cbs-cesko.cz/project/sedlcansko-nejen-z-nebe-mesto-sedlcany/> (accessed March 2022).
- Janský B. 2004. Retence vody v povodí. Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník příspěvků semináře grantu GAČR, **205**: Z052.
- Janský B, Kocum J. 2007. Retenční potenciál v pramenných oblastech toků. Povodně a změny v krajině. MŽP ČR a PřF UK, 307-316. Praha.
- Jirmus V, Plotěný K. 2016. Recyklace vod a energie z vody. TVIP. Hustopeče.
- Kabelková I, Stránský D, Špaček P, Bareš V, Vítek J, Vítek R, Suchánek M, Plotěný K, Pírek O. 2019. Limitující faktory při vsakování srážkových vod v urbanizovaných územích. Pages

80-87 in Bareš V, Bauer M, Broža V, Cuřínová P, Dostál T, Fošumpaur P, Lukavcová S, Kabelková I, Krása J, Jáchymová B, Just T, Suchánek M, Pírek O, Plotěný K, Stránský D, Vítek J, Vítek R, Vokurka A., editors. *Hospodaření vodou. Stavbní kniha*. ČKAIT s.r.o., Praha.

Kopp J, Marval Š. 2021. Využití srážkových vod na veřejných prostranstvích. *Geografické rozhledy* 30/04, ročník 30 (2020/2021), číslo 4. Plzeň.

Korda J. 1992. *Papírenská encyklopedie*. Nakladatelství technické literatury, Praha.

Kravčík M, Pokorný J, Kohutiar J, Kováč M, Tóth E., 2007, 'Water for the recovery of the climate - a new water paradigm', *Proceedings of the Joint Conference of APLU and ICA, CULS Prague*, Prague, Czech Republic, pp 115-118.

Krejčí V, Gujer W, Hlavínek P, Zeman E. 2002. *Odvodnění urbanizovaných území-koncepční přístup*. NOEL 2000, Brno.

Kříž K. 2019. *Stokování [Přednáška]*. České vysoké učení technické v Praze, Praha.

Locatelli L, et al. 2014. Modelling of green roof hydrological performance for urban drainage applications. *Journal of hydrology*, 519: 3237-3248.

Macháč J, Dubová L, Louda J. 2017. *Ekonomická analýza přírodě blízkých adaptačních opatření ve městě: Výsledky případových studií z Prahy, Brna a Plzně*, s. 25.

Mas LI, et al. 2020. Pesticides in water sources used for human consumption in the semiarid region of Argentina. *SN Appl. Sci.* **2**, 691. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2513-x>

Massy C. 2019. Transforming landscapes: Regenerating country in the Anthropocene. *Griffith Review*, 63: 247-261.

Mayer PW, et al. 1999. *Residential end uses of water*. AWWA Research Foundation and American Water Works Association.

Mentens J, Raes D, Hermy M. 2006. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and urban planning*, 77.3: 217-226.

Metelka L, Tolasz R. 2009. *Climate change: Facts without myths*. Charles University in Prague. Prague.

Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. 2019. *Metodická pomůcka ministerstva pro místní rozvoj: Vsakování srážkových vod*. Odbor stavebního řádu, Praha.

Ministry of the Environment. 2015. *Strategies for adaptation to climate change in the conditions of the Czech Republic*. Prague.

Morales-Pinzón T, et al. 2014. Financial and environmental modelling of water hardness—Implications for utilising harvested rainwater in washing machines. *Science of the Total Environment*, **470**: 1257-1271.

Musayev S, Burgess E, Mellor J. 2018. A global performance assessment of rainwater harvesting under climate change. *Resources, Conservation and Recycling*, 132: 62-70.

- Nolde E. 2007. Possibilities of rainwater utilisation in densely populated areas including precipitation runoffs from traffic surfaces. *Desalination*, 215.1-3: 1-11.
- O'donnell E, et al. 2020. The blue-green path to urban flood resilience. *Blue-Green Systems*, 2.1: 28-45.
- Oki T, Entekhabi D, Harrold TI. 1999. The global water cycle. *Global energy and water cycles*, 10:27.
- Petříček V, Cudlín P. 2003. Máme bojovat proti povodním. *Životné prostredie*, 37.4: 177-179.
- Placková R. 2020. Sedmá generace: -společensko ekologický časopis, U konce s dechem. 2020. Hnutí DUHA-Sedmá generace.
- Plotěný K, Bartoník A. 2015. Rešerše–hospodaření s vodou. ASIO, spol. s r.o. Brno.
- Plotěný K. 2011. Dělení vod, bílé a šedé vody–nové poznatky a možnosti využití. In: Proceedings of the workshop “Vodohospodářské chuťovky”. Brno: Asio, sro. p. 21-27.
- Plotěný K. 2019. Využití srážkových vod a recyklace šedých vod a tepla z nich. Pages 88-92 in Bareš V, Bauer M, Broža V, Cuřínová P, Dostál T, Fošumpaur P, Lukavcová S, Kabelková I, Krása J, Jáchymová B, Just T, Suchánek M, Pírek O, Plotěný K, Stránský D, Vítek J, Vítek R, Vokurka A., editors. *Hospodaření vodou*. Stavební kniha. ČKAIT s.r.o., Praha.
- Plotěný K. 2019. Asio-čištění a úprava vod: Využití srážkových vod-současný stav a trendy. Available from <https://www.asio.cz/cz/998.vyuziti-srazkovych-vod-soucasny-stav-a-trendy> (accessed March 2022).
- Plotěný K. 2020. Dešťová voda a její využití. *Modro-zelená infrastruktura*. Available from <https://www.mzi.cz/cz/novinky/destova-voda-a-jeji-vyuziti.12> (accessed March 2022).
- Pokorný J, Eiseltová, M. 1998. Toky energie, vody a látek v krajině. In: Němec, J. (eds.). *Krajina a voda*. Envi Typo pro AOPK, MŽP, MZe ČR, Praha, s. **55–59**.
- Rizzuti AM, Cohen AD, Stack EM. 2004. Using hydraulic conductivity and micropetrography to assess water flow through peat-containing wetlands, *Int. J. Coal Geol.*, 60 (1), 1–16, DOI:10.1016/j.coal.2004.03.003
- Říha J. 2014. Voda jako složka biosféry: encyklopedie vodního hospodářství I. Vyd. 1. Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem.
- Shuster WD, et al. 2013. Assessment of residential rain barrel water quality and use in Cincinnati, Ohio. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 49.4: 753-765.
- Schets FM, et al. 2010. Rainwater harvesting: quality assessment and utilization in The Netherlands. *Journal of water and health*, 8.2:224-235.
- Sikorska D, Sikorski P, Hopkins RJ. 2017. High biodiversity of green infrastructure does not contribute to recreational ecosystem services. *Sustainability*, 9.3: 334.

- Sikorski P, et al. 2018. Low-maintenance green tram tracks as a socially acceptable solution to greening a city. *Urban Forestry & Urban Greening*, 35: 148-164.
- Sikorski P, et al. 2013. Effects of visitor pressure on understory vegetation in Warsaw forested parks (Poland). *Environmental Monitoring and Assessment*, 185.7: 5823-5836.
- Silva CM, Sousa V, Carvalho NV. 2015. Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. *Resources, Conservation and Recycling*, 94: 21-34.
- Spurný M. 2021. Předčištění dešťové vody před vtokem do zaskovací nádrže území [Diplomová práce]. Vysoké učení technické v Brně, Brno.
- Stocker T, et al. 2014. Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge university press. USA.
- Stránský D, et al. 2008. Koncepce hospodaření s dešťovou vodou v ČR: Současný stav. *Semináře Hospodaření s dešťovou vodou, Brno*.
- Stránský D, Kabelková I, Bareš V, et al. 2019. Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. ASOCIACE PRO VODU ČR, Z.S. (CZWA), Praha.
- Stránský D, Kabelková I, Bareš V, Vitek J, Vitek R, Suchánek M, Plotěný K, Pírek O. 2019. Stavebnětechnická opatření při hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. Pages 70-79 in Bareš V, Bauer M, Broža V, Cuřínová P, Dostál T, Fošumpaur P, Lukavcová S, Kabelková I, Krása J, Jáchymová B, Just T, Suchánek M, Pírek O, Plotěný K, Stránský D, Vitek J, Vitek R, Vokurka A., editors. *Hospodaření vodou. Stavební kniha*. ČKAIT s.r.o., Praha.
- Struk-Sokolovska J, et al. 2020. The quality of stored rainwater for washing purposes. *Water*, 12.1: 252.
- Syed AH. 2016. *Harvesting Rainwater from Buildings*. Springer. Dhaka.
- Štika J. 2020. Návrh splaškové kanalizace a hospodaření se srážkovou vodou v zájmovém území [Diplomová práce]. České vysoké učení technické v Praze. Praha.
- Taufmannova A, Jeníček M. 2011. Impact of polder system on flooding in the Rolava River basin. *Geografie*, 116.2: 130-143.
- Tejkalová J, Stránský D. 2020. Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. *Urbanismus a územní rozvoj. Ministerstvo životního prostředí ČR*, 23 (2), 2.
- Tian-Ling Q, et al. 2011. Discussion of interactive and driving mechanism between regional terrestrial carbon cycle and “natural-artificial” binary water cycle. *Energy Procedia*, 5:196-203.
- Vaculíková M. Počítáme s vodou. Zelené střechy. Available from <https://www.pocitamesvodou.cz/zelene-strechy/> (accessed March 2022).
- Van Maanen JM. S., et al. 2001. Pesticides and nitrate in groundwater and rainwater in the province of Limburg in the Netherlands. *Environmental monitoring and assessment*, 72.1: 95-114.

- Větvička V, Rendek J. 2007. Vltava. Vašut, Praha.
- Vialle C, et al. 2011. Modelling of a roof runoff harvesting system: the use of rainwater for toilet flushing. *Water Science and Technology: Water Supply*, 11.2: 151-158.
- Vieira AS, Weeber M. 2013. GHISI, Enedir. Self-cleaning filtration: A novel concept for rainwater harvesting systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 78: 67-73.
- Vítek J, et al. 2018. Jak se projevuje úroveň zákonných a technických předpisů na aplikaci modrozelené infrastruktury. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 60.3: 27-34.
- Vítek J, Stránský D, Kabelková I, Bareš V, Vítek R. 2015. Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. 01/71 ZO ČSOP Koniklec, Praha.
- Vítek J. 2008. Odvodňování urbanizovaných území podle principů udržitelného rozvoje. *Urbanismus a územní rozvoj*, č. 4.
- Vlček L, et al. 2016. Influence of peat soils on runoff process: case study of Vydra River headwaters. *Czechia, Geografie*, 121: 235-253.
- Vlček L. 2017. Retence vody v půdách horských oblastí na příkladu Šumavy. [Disertační práce]. Univerzita Karlova v Praze. Praha.
- Vodňanský O. 2019. Město Sedlčany. Sedlčany. Available from <https://www.mesto-sedlcany.cz/cs/mesto-sedlcany/> (accessed April 2022).
- Vymazal J. 2004. Kořenové čistírny odpadních vod. *ENKI ops Třeboň, MSM*, 20001.
- Vymazal J. 2010. Vybudované mokřady pro čištění odpadních vod. *Voda*, 2.3: 530-549.
- Wendt C, et al. 2015. Microbial removals by a novel biofilter water treatment system. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 92.4: 765.
- WHO, UNICEF, et al. 2017. Progress on drinking water, sanitation and hygiene. Joint Monitoring Programme. UNICEF: United Nations Children's Fund. Available from <https://policycommons.net/artifacts/421754/progress-on-drinking-water-sanitation-and-hygiene/1392737/> (accessed March 2022).
- Zelené střechy. 2021. CS ISOLATION: Zelené střechy. Vrané nad Vltavou, Available from <https://streacha-zelena.cz/vyhody-zelenych-strech/> (accessed March 2022).
- Zelenka M. 2009. Snížení množství a znečištění odváděných srážkových vod v urbanizovaných územích. [Bakalářská práce] Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Ostrava.
- Žabička Z. 2005. Odvodnění staveb. ERA group, Stavíme.Izolace. Brno.

Legislativa:

ČSN 75 9010. 2012. Česká technická norma. Vsakovací zařízení srážkových vod-Služby pro dodávku pitné vody a zneškodňování odpadních vod. Hydroprojekt a.s., Praha

Ministerstvo pro místní rozvoj. 2006. Vyhláška č. 501/2006 Sb., §20, odst. (5), písm. c). Stavební zákon, Praha.

TNV 75 9011. 2013. Odvětvová technická norma vodního hospodářství – Hospodaření se srážkovými vodami. Sweco Hydroprojekt a.s, Praha.

Zákon č. 254/2001§ 5 odst. 3 Sb. 2022. Zákon o vodách a o změně některých zákonů. Vodní zákon, Praha.

14 Seznam použitých zkratk a symbolů

ČOV – Čistírna odpadních vod

HDV – Hospodaření s dešťovými vody