Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životného prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel

Diplomová práce

Návrh a posouzení hospodaření s dešťovou vodou pro rodinný dům se zahradou

Diplomant: Bc. Jan Vít
Vedoucí práce: doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

© 2020/21 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Vít

Krajinné inženýrství
Regionální environmentální správa

Název práce

Návrh a posouzení hospodaření s dešťovou vodou pro rodinný dům se zahradou

Název anglicky

Design and assessment of rainwater management for a family house with a garden

---

Cíle práce

Cílem práce je zpracovat technická kritéria a požadavky zejména z oblasti hydrologie, klimatologie a efektivního využití dešťových vod v souladu s environmentálními, sociálními a ekonomickými aspekty trvale udržitelného rozvoje při výstavbě a provozu budov. Přínosem práce bude návrh funkčního systému pro čištění a recyklaci dešťové vody umožňující úsporu pitné vody a s tím spojenou úsporu nákladů. Numerické výpočty a stavební dokumentace budou podkladem pro ekonomickou analýzu a rozvahu o době návratnosti pořizovacích nákladů.

Metodika

V rámci studia odborné literatury a podkladů bude vypracována rešerše dané problematiky. Na základě provedených výpočtů a odhadovaných nákladů na realizaci bude analyzována možnost získání finanční podpory z dotačních programů.

V praktické části diplomové práce bude navržena varianta možného využití dešťové vody pro rodinné domy se zahradou a jejich funkční způsobilost. V závěru práce bude vedena diskuse nad výsledky.

Doporučený rozsah práce

45 normo stran včetně tabulek, obrázků a grafů

Klíčová slova

Dešťová voda, úspora a využití dešťové vody, rodinný dům, dotace

---

Doporučené zdroje informací

BÖSE, K. – HERLE, J. *Voda pro dům a zahradu.* Praha: SNTL, 1991. ISBN 80-03-00322-9.

HLAVÍNEK, P. – PRAX, P. – KUBÍK, J. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území.* Brno: ARDEC, 2007. ISBN 978-80-86020-55-6.

NĚMEC, J. – HLADNÝ, J. – BLAŽEK, V. – ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Voda v České republice.* Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2006. ISBN 80-903482-1-1.

ŠÁLEK, J. *Voda v domě a na chatě : využití srážkových a odpadních vod.* Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.

TŮMA, J. Zavlažujeme zahradu: moderní hospodaření s vodou. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-247-0083-2.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Konzultant

ing. Purnoch

Elektronicky schváleno dne 15. 3. 2021

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 17. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Návrh a posouzení hospodaření s dešťovou vodou pro rodinný dům se zahradou" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28.03.2021 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Jakubovi Štibingerovi, CSc. Za jeho ochotu, vstřícnost a vedení při zpracování mé diplomové práce.

Návrh a posouzení hospodaření s dešťovou vodou pro rodinný dům se zahradou

Abstrakt

Diplomová práce je rozdělená do tří částí. V úvodu práce byla provedena literární rešerše, jejíž výsledky byly použity pro vypracování vlastní práce.

V druhé části práce je popsán metodický postup pro určení vhodné akumulační dešťové nádrže. Pro optimální řešení je třeba analyzovat potřeby užitkové vody pro domácnost a zahradu. Na základě stanovení vhodné akumulační nádrže se vypočítají možná dotace a finanční návratnost projektu v letech.

Třetí část práce je věnovaná vlastnímu tématu, kde byly provedeny jednotlivé numerické výpočty pro rodinné domy v Průhonicích a v Běchovicích.

V závěrečné části je provedeno shrnutí dané problematiky, autor diskutuje výsledky a poznatky získané na základě analýzy a provedené rešerše. Současně zmiňuje výhody návrhů v souladu s ekonomickými aspekty trvale udržitelného rozvoje.

Klíčová slova: dešťová voda, úspora a využití dešťové vody, rodinný dům, dotace

Suggestion and assement of rainwater management for a family house with a garden.

Abstract

This diploma's thesis is divided into three parts. The first part of this thesis provides theoretical information that was used to conclude this thesis.

The second part of this thesis describes the methodological procedure for determining a suitable rainwater harvesting tank. For an optimal solution, it is necessary to analyze the needs of domestic water for home and garden use. Based on the determination of a suitable tank, subsidies and financial returns in years are calculated.

The third part is devoted to the topic, where individual calculations were performed for family houses in Průhonice and Běchovice.

In the final part, a summary of the issue is made, and the results and findings obtained from the analysis and research are discussed. Also, the environmental and financial benefits of the proposals are evaluated.

Keywords: rainwater, saving and use of rainwater, family house, subsidies

Obsah

1 Úvod 11

2 Cíl práce 13

3 Literární rešerše 14

3.1 Klimatické změny 14

3.1.1 Klimatické změny na území České republiky 14

3.2 Koloběh vody 15

3.3 Zásoby vody na Zemi 17

3.4 Srážky 19

3.5 Decentralizovaný systém odvodnění 20

3.6 Konvenční systém odvodnění 21

3.7 Druhy vod podle účelu využití a vzniku 22

3.7.1 Pitná voda 22

3.7.2 Užitková voda 22

3.7.3 Odpadní voda 23

3.7.4 Technologická voda 23

3.8 Hospodaření s dešťovou vodou v historii 23

3.9 Hospodaření s vodou v urbanizovaném území 25

3.10 Nakládání s dešťovými vodami 27

3.10.1 Odvedení vody jednotnou kanalizací 27

3.10.2 Akumulační nádrže 27

3.10.3 Vsakování 29

3.10.4 Výpar 31

3.11 Technické řešení pro dům a zahradu 33

3.12 Spotřeba vody v domácnosti 38

3.12.1 Domácnosti 39

4 Metodika 40

4.1 Postup výpočtů 40

5 Vlastní práce 49

5.1 Rodinný dům A – Průhonice 49

5.1.1 Průměrné množství zachycené srážkové vody 52

5.1.2 Celková potřeba provozní vody v domě a na zahradě 53

5.1.3 Stanovení objemu akumulační nádrže 55

5.1.4 Finanční zhodnocení 57

5.1.5 Umístění a instalace 58

5.2 Rodinný dům B - Běchovice 59

5.2.1 Průměrné množství zachycené srážkové vody v RD B 62

5.2.2 Celková potřeba provozní vody v domě a na zahradě 63

5.2.3 Stanovení objemu akumulační nádrže 65
5.2.4 Finanční zhodnocení 66
5.2.5 Umístění a instalace 67
5.3 Specifikace navrhnuté nádrže AS – REWA Kombi 7 EO a 8 EO 68
5.4 Přeplnění a nedostatek vody v nádrži 70
5.5 Vodní zákon 71
5.6 Žádost o dotaci z programu Dešťovka II 18+ 72

6 Diskuse 73

7 Závěr 78

8 Seznam použitých zdrojů 80
8.1 Knižní zdroje 80
8.2 Internetové zdroje 83
8.3 Zákony a vyhlášky 84
8.4 Internetové zdroje obrázků, tabulek, grafů 85

Seznam obrázků

Obr. 1: Oběh vody na zemi (URL 3). 17
Obr. 2: Předpověď zásoby vody v roce 2050 (URL 4). 18
Obr. 3: Římský akvadukt poblíž města Pegões (URL 5). 25
Obr. 4: Akumulační nádrž bez vsakovacího zařízení (URL 6). 28
Obr. 5: Akumulační nádrž se vsakovacím zařízením (URL 8). 31
Obr. 6: Základní návrh technického řešení pro využití vody v domě a zahradě (URL 10). 34
Obr. 7: Roční úhrn srážek ČR v roce 2019 (URL 13). 41
Obr. 8: Lokalita rodinných domů (URL 16). 49
Obr. 9: Rodinný dům A v Průhonicích (autor). 50
Obr. 10: Poloha umístění nádrže pro RD A (URL 18). 59
Obr. 11: Rodinný dům B v Běchovicích (autor). 60
Obr. 12: Poloha umístění nádrže u RD B (URL 19). 68
Obr. 13: Nádrž na dešťovou vodu AS - REWA Kombi (URL 20). 69
Obr. 14: Technické schéma AS-REWA kombi (URL 20). 70
Obr. 15: Vsakovací tunel AS-KRECHT (URL 21). 71

Seznam tabulek

Tab. 1: Odhadovaný objem vody ve světě (Kleczek, 2011). 18
Tab. 2: Vhodnost zemin podle koeficientu filtrace (URL 7). 30
Tab. 3: Výhody a nevýhody možnosti HDV (URL 9). 33
Tab. 4: Potenciál znečištění vody podle materiálu (Hlavínek a kol., 2007). 36
Tab. 5: Vývoj ceny vodného a stočného (1998–2021) (URL 11). 39
Tab. 6: Spotřeba vody v domácnosti v litrech na osobu/den (URL 12). 39
Tab. 7: Koeficient odtoku srážkových vod (URL 14). 42
Tab. 8: Počty použití záchodových a pisoárových mís jednou osobou během dne (URL 15). 44
Tab. 9: Splachovací objemy vody pro záchodové a pisoárové mísy (URL 15). 44

Tab. 10: Potřeba vody pro praní (URL 15). 44
Tab. 11: Potřeba vody pro zalévání, kropení a úklid (URL 15). 45
Tab. 12: Porovnání objemu nádrže dle potřeby vody (URL 13). 47
Tab. 13: Údaje pro výpočet dotace z programu Dešťovka II 2018+ (autor). 48
Tab. 14: Dlouhodobý srážkový normál (URL 17). 51
Tab. 15: Technická zařízení v RD A (autor). 52
Tab. 16: Základní parametry RD A (autor). 52
Tab. 17: Dlouhodobý srážkový normál (URL 17). 61
Tab. 18: Technická zařízení v RD B (autor). 62
Tab. 19: Základní parametry o RD B (autor). 62
Tab. 20: Rozměry AS-REWA kombi 7 EO a 8 EO (URL 20). 70
Tab. 21: Srovnání výsledků (autor). 77

Seznam grafů

Graf 1: Teplota vzduchu (1775–2019) (URL 1). 15
Graf 2: Srážkový úhrn na území ČR (1803–2019) (URL 2). 15

Seznam použitých zkratek

HDV – Hospodaření s dešťovou vodou
RD – Rodinný dům
ČOV – Čistička odpadních vod

1 Úvod

Téma diplomové práce jsem si vybral z důvodu vážnějšího nedostatku vody na Zemi a tím chtěl poukázat, že každý člověk může pomoci k lepšímu hospodaření s vodou. Téma diplomové práce směřuje na základě současné zhoršující situace týkající se HDV především k majitelům stávajících rodinných domů, protože ukazuje, kolik pitné vody se ušetří při zadržování dešťové vody a s tím spojených financí. V práci jsem se snažil pomocí volně dostupných informací stanovit potřebu vody v domácnosti, navrhnout vhodné akumulační nádrže a finanční návratnost. Na základě numerické analýzy bylo potvrzeno, že i pro stávající domy se vyplatí navrhnout akumulační nádrže. Nejmenší náklady na realizaci jsou spojené s pořizovací cenou akumulační nádrže za využití finanční podpory programu Dešťovka. Největší finanční náklady jsou naopak u stávající domů spojené s rekonstrukcí uvnitř domu a vybudováním druhého vodovodního okruhu.

Analýza spotřeby pitné vody upozorňuje na to, že až 50% pitné vody ke v domácnostech nahradit dešťovou a šedou vodou bez jakékoliv omezení komfortu. Jde především o využití vody pro splachování WC, praní, úklid a závlaha zahrady. Omezení spotřeby pitné vody má pozitivní vliv zejména v enviromentální oblasti, ale i na snížení finančních nákladů (vodné, stočné).

Dnes se prvky pro HDV řeší především pro novou výstavby, ale je třeba zdůraznit, že i stávající domy mají možnost šetřit vodu a následně ji využívat pro své potřeby. Současná česká legislativa se snaží do vyhlášek a zákonů zakomponovat hospodaření s dešťovou vodou např. vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, kde je zdůrazněná problematika ve formě odvádění srážkových vod vsakováním - § 6 odstavec 4. V tomto případě se jedná především o nové stavby, které musejí podle legislativy využívat vsakovací zařízení nebo jiné technické zařízení pro hospodaření s dešťovou vodou. Odvádění srážkové vody jednotnou kanalizací je uvedeno až jako poslední možnost. V České republice se dále pro HDV a její nakládání využívají TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod a Vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území. Nejvýznamnější ucelený právní dokument pro oblast vodní politiky je směrnice Evropského parlamentu 2000/60/ES.

Směrnice sjednocuje způsoby ochrany vod a její následného využívání v péči o životní prostředí. Současně vede ke zlepšení celkové hospodářské politiky v celoevropském kontextu (Vítek a kol., 2015)

V ČR se nyní se dostáváme do situace, kdy začínáme v některých oblastech pociťovat nedostatek vody. Proto je třeba s vodou hospodařit a naučit se ji efektivně využívat všemi dostupnými prostředky.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je zpracovat návrh na dvě akumulační nádrže a přinést informativní pohled na možnosti opětovného využívání dešťové vody v již postavených rodinných domech. Přínosem práce je návrh funkčního systému pro čištění a recyklaci dešťové vody umožňující úsporu pitné vody. Recyklovaná dešťová voda má sloužit v místech, kde není nutné vyžívat kvalitu pitné vody, a to zálivka zahrady a využití v domácnosti (WC, praní, úklid). Dalším cílem je snaha poukázat jednoduché a efektivní využití HDV pro již postavené rodinné domy. Proto jsou vybrané již dva postavené domy Průhonicích a Běchovicích. Práce by měla pomoci majitelům nemovitostí nahlédnout do problematiky opětovného využívání dešťové vody v domě současně pomoci v celkové problematice s hospodařením s vodou u nás i ve světě.

Hlavní část diplomové práce je zaměřená na praktickou část, která je zacílena na samostatný návrh vhodných dešťových nádrží pro dva stávající rodinné domy. Byly identifikovány základní charakteristické podmínky oblastí, jednotlivých domů. Pro návrh vhodného objemu akumulační nádrže byly provedeny numerické výpočty dále bylo nutné stanovit množství zachycené vody ze střechy, spotřebu vody v domě a na zahradě. Na závěr byla analyzována návratnost investic na základě ceny navržené akumulační nádrže a s využitím dotačního programu Dešťovka II 2018+.

Přínosem práce jsou návrhy možnosti řešení vhodného hospodaření s dešťovou vodou a s tím spjatou úsporu pitné vody pro stávající rodinné domy při snížení nákladů využitém dotačního programu Dešťovka II 2018+.

3 Literární rešerše

3.1 Klimatické změny

Klimatické změny probíhají od počátku světa po současnost a budou probíhat V posledních desetiletích vědecké studie upozorňují na to, že klimatické změny se postupně zrychlují, což má negativní vliv na celou naši planetu. Tyto změny se stávají v současné době hlavním tématem enviromentální politiky. Největší podíl na změnách klimatu mají lidé. Problém není jen enormní nárůst emisí vypouštěných do ovzduší, ale také nárůst populace a s tím spjaté potřeby lidí (Chmi.cz, 2020).

Současné klimatické změny se dají rozdělit do tří obecných skupin podle projevů (primární, sekundární a antropogenní). Primární projevy se týkají zejména změn klimatologických charakteristik, meteorologických prvků a přetváření složek klimatického systému. U klimatologických charakteristik se sleduje, jak často dochází k extrémním jevům (sucho, povodně) a k nárůstu průměrné teploty Země. Složky klimatického systému se postupně mění, a to se projevuje především v teplotě oceánu a ve změnách chemismu atmosféry.

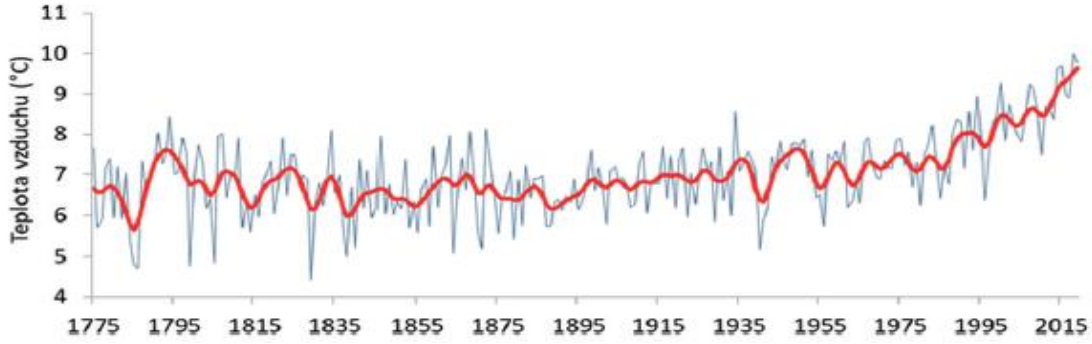
Sekundární projevy se týkají změn biosféry, kryosféry a v neposlední řadě hydrosféry. V biosféře jsou pozorovány změny vitality, časnější vegetační sezony. V oblasti kryosféry, kde převládá voda v pevném skupenství, dochází k rychlému tání ledovců a následkem oteplování vody v oceánech k tání mořského ledu. Tání mořského ledu způsobuje v hydrosféře okyselení a zvýšení hladiny vody v oceánu. Při pozorování chování člověka v důsledku změn klimatu, je patrná migrace obyvatelstva z míst s extrémními jevy počasí, především nedostatku vody (AVČR, 2020).

3.1.1 Klimatické změny na území České republiky

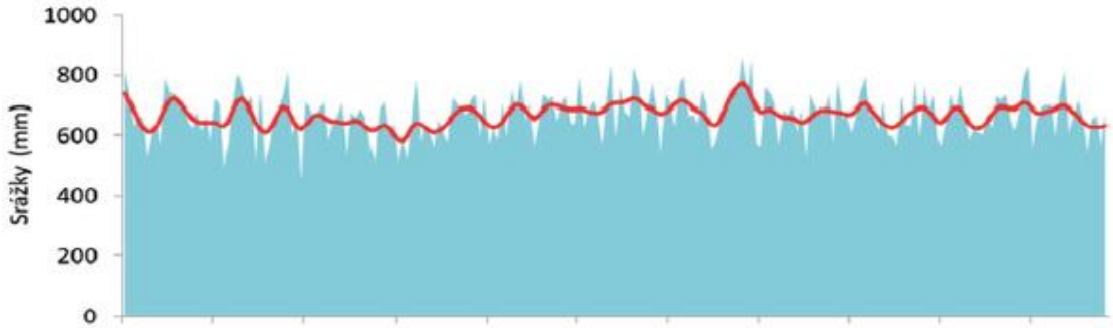
Klimatické změny se projevují na celém území ČR a mají negativní dopad na život všech obyvatel. Dopady se projevují po ekonomické i zdravotní stránce, nejvíce však v zemědělství a lesnictví. Z meteorologických záznamů je patrné, že na území ČR přibývá počet letních a tropický dnů a stoupá průměrná teplota vzduchu po celý rok. Z toho vyplývá úbytek sněhové pokrývky. Projevuje se také častěji

extrémní počasí, a to v podobě povodní nebo přívalových srážek, či častěji v podobě extrémního sucha. Klimatické změny i přes většinu negativních dopadů – mají částečně i pozitivní charakter v zemědělství. Zvyšování teplot na našem území prospívá odrůdám, které nemusejí být tedy dováženy ze zahraničí a tím se ČR stává v této oblasti samostatnou (AVČR, 2020).

V Graf 1 je názorně ukázáno, jak se od v období 1775 – 2019 na území ČR zvyšuje průměrná teplota. Průměrná roční teplota vzrůstala v průměru o 0,34 °C za 10 let. Graf 2 ukazuje průměrný srážkový úhrn na území ČR v období 1803 – 2019. Z grafu je vidět jistá vyrovnanost hodnot po celé měřené období, avšak v roce 2019 dochází opět k nepatrnému nárůstu srážek. Největší problém nastává při změně charakteru srážek a množství vody, která na zem dopadne. V dřívějších letech byly srážky dlouhodobého charakteru s podobnou intenzitou deště, ale nyní nastává změna, kdy srážky jsou hlavně ve formě přívalových dešťů.



Graf 1: Teplota vzduchu (1775–2019) (URL 1).



Graf 2: Srážkový úhrn na území ČR (1803–2019) (URL 2).

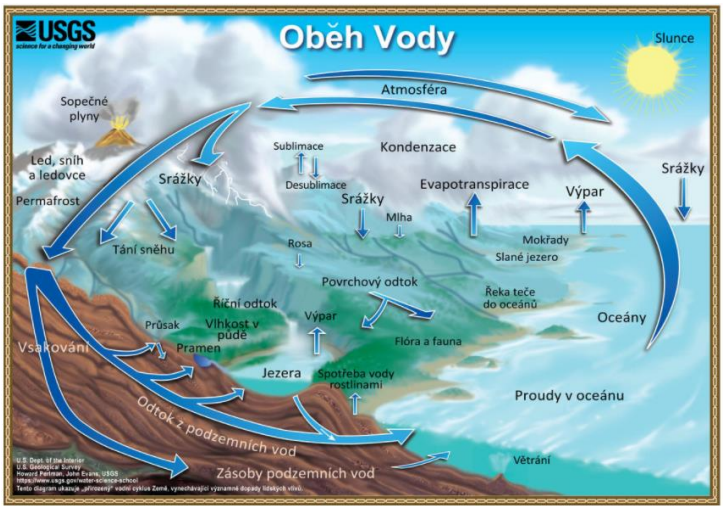
3.2 Koloběh vody

Celý koloběh vody závisí na mnoha faktorech, které ovlivňují efektivní cirkulaci vody. Základní faktory jsou silné sluneční záření, intenzita srážek, místo

a povrch jejich dopadu. Tyto faktory ovlivňují, v jaké míře se voda vrátí do vzduchu pomocí evapotranspirace (Butler a kol., 2018).

Hlavním hnacím prvkem pohybu vody na Zemi je Slunce. To dokáže svou energií ohřát vodní plochu natolik, že se voda začne odpařovat. Odpařování zapříčiní, že se do vzduchu voda dostane ve formě páry a začíná prvotní fáze oběhu vody. Kdyby Slunce ztratilo svou přirozenou tepelnou energii, voda by se nemohla v takovém množství odpařovat, což by znamenalo konec života na Zemi. Vodní pára, která vystoupá až do troposféry, kde jsou velmi nízké teploty, se přemění do mračen. Za pomocí větrných proudů se mračna pohybují po obloze. Pohyb mračen způsobí uvnitř reakci, kdy do sebe molekuly vodní páry začnou narážet, což zapříčiní jejich uvolnění a následně se vracejí na zem ve formě deště nebo sněhu. V chladných oblastech se spadlý sníh udržuje ve větší míře celoročně, ale i přesto nastává v teplejších ročních obdobích tání sněhu, vzniká tak odtok z ledovců a tím se voda dává znovu do pohybu. Ledovcová voda se považuje za nejčistější a za nejkvalitnější vodu na Zemi. Největší množství srážek spadne znovu zpět do oceánů, v menší míře dopadne i na pevniny. Srážková voda z pevniny se většinou vrátí zpět do vodních toků nebo zůstane zachycena v nádržích. Většina vodních toků odvede zpět spadlou vodu do oceánů a tím se uzavře celý koloběh povrchové vody. Většina povrchové vody je v zastoupení slaného typu na rozdíl od podzemní vody, která je sladká. Celý oběh vody na Zemi je schématický znázorněn na Obr. 1 (Němec a kol., 2006; Kleczek, 2011).

Na Zemi se setkáváme i s koloběhem podzemní vody, který doplňuje koloběh povrchový. Spadlé srážky, které se dokážou vsáknout rychleji do půdy – než začne voda odtékat do povodí a jiných akumulačních prostorů – dělíme na půdní vláhu nebo na půdní vodu. Voda, která se nevsákne tak hluboko, doplňuje zvodeň a dostává se zpět na povrch například ve formě pramene, zásobuje ze spodních vod povrchové toky nebo podzemní cestou odtéká rovnou do oceánů (Němec a kol., 2006; Kleczek, 2011).



Obr. 1: Oběh vody na zemi (URL 3).

3.3 Zásoby vody na Zemi

Stanovení celkové zásoby vody na Zemi je prakticky nemožné. Voda kvůli svému proměnnému skupenství stále proudí po celé Zemi a tím se přesně nedá určit množství vody. Zásoby vody řeší hydrologie – obor, který zkoumá prostorové rozdělení, časovou zákonitost, oběh vody a její vlastnosti (chemické, biologické, fyzikální). Informace o zásobě vody se shromažďují pro vody povrchové, podzemní a následně i pro obsah vody v atmosféře. Zásobou vody se chápe její množství nakumulované v určitý čas v některém z míst v různých formách stálého nebo dočasného soustředění vody (Kleczek, 2011).

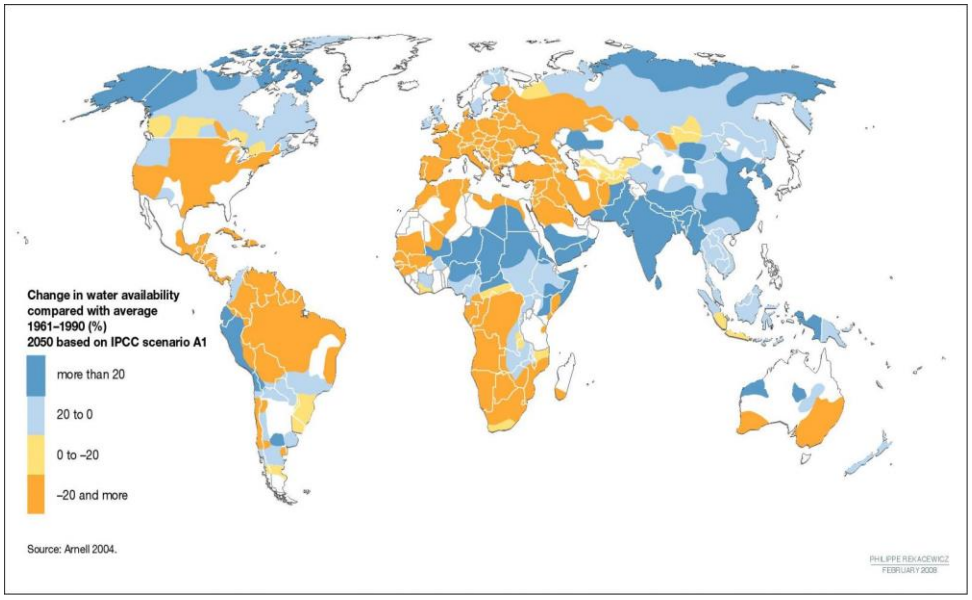
Nedostatek vody se stává celosvětovým problémem, kterému se intenzivně věnuje Světový fond pro ochranu přírody (WWF). WWF upozorňuje, že se zásoba povrchové a podzemní vody postupně zmenšuje kvůli rychlému čerpání a špatnému hospodaření. Dále upozorňuje na problém kvality kontaminovaných dešťových srážek. S kontaminovanými srážkami se potýkají nejvíce v Číně a Japonsku, kde jsou velké průmyslové aglomerace. S velkým problémem přicházejí evropské země v oblastech na pobřeží Atlantiku a Středozemního moře. Zde dochází kvůli intenzivnímu turistickému ruchu k rychlému odčerpávání vody, aby se pokryla potřeba vody pro obyvatele a návštěvníky, tím vzniká i problém odpadového hospodářství, které není vždy tak kvalitní a způsobuje znečištění a kontaminaci vod. K velkému odčerpávání vody také napomáhá období sucha, které se postupem času prodlužuje, a kdy je nutné čerpat vodu pro závlahu hospodářských ploch. Na území

Spojených států amerických dochází k zbytečnému čerpání vod v takovém rozsahu, že se voda už nedokáže samovolně obnovovat. Jsou neefektivně zavlažované zbytečně velké plochy ve vnitrozemí. Všechny tyto problémy vedou k celkovému problému kvality a množství vod na Zemi. Tab. 1 uvádí jednotlivé části hydrosféry a následný odhadovaný objem vody ve světě (Ovodarenstvi.cz, 2010)

Tab. 1: Odhadovaný objem vody ve světě (Kleczek, 2011).

Část hydrosféry	Plocha (km²)	Objem vody (km³)	Podíl z celkových zásob vody na Zemi (%)
Světový oceán	361 300 000	1 338 000 000	96,54
Podzemní voda	134 800 000	23 400 000	1,69
z toho sladká podzemní voda	134 800 000	10 530 000	0,76
Půdní voda	82 000 000	16 500	0,001
Ledovce a stálá sněhová pokrývka	16 227 500	24 064 100	1,74
Podzemní led v dlouhodobě zmrzlé půdě	21 000 000	300 000	0,022
Voda v jezerech	2 058 700	176 400	0,013
z toho sladká voda v jezerech	1 236 400	91 000	0,007
Voda v bažinách	2 682 600	11 470	0,0008
Voda v korytech vodních toků	148 800 000	2 120	0,0002
Voda v umělých vodních nádržích	250 000	5 000	0,0004
Voda v rostlinách a živých organismech	510 000 000	1 120	0,0001
Voda v atmosféře	510 000 000	12 900	0,001
Celkové zásoby vody na Zemi	510 000 000	1 385 989 610	100,00
z toho zásoby sladké vody	148 800 000	35 119 610	2,53

Obr. 2 ukazuje dostupnost vody ve světě v roce 2050. Oranžová barva na mapě označuje země s nejhorší predikcí zásoby vody. Tento problém se týká více než poloviny zemí na celém světě. Do této kategorie spadá i celá Evropa včetně České republiky. Na mapě je patrné, že se jedná i o státy, které mají přístup k mořské vodě. Postupem času se dá očekávat, že problém se zásobou vody se bude týkat všech zemí.



Obr. 2: Předpověď zásoby vody v roce 2050 (URL 4).

3.4 Srážky

Srážky společně s teplotou vzduchu jsou základním faktorem, který je určujícím pro vodohospodářské poměry v krajině (tj. vegetační kryt, krajinný ráz) a současné pro rozvoj zemědělství. Srážky v podobě sněhu a deště jsou velice proměnlivé. Proto je nutné rozdělovat srážky na vertikální a horizontální. Při porovnání obou druhů srážek v období hydrologického roku se častěji vyskytují vertikální srážky, a proto se při měření horizontální srážky zanedbávají.

Vertikální srážky (neboli atmosférické) se utvářejí ve vyšších vrstvách volné atmosféry, které následně dopadají na zemský povrch ve formě zmrzlého deště, krupek, krup, sněhu a deště. Utvářejí se následkem desublimace nebo kondenzace vodních par v ovzduší. (Tlapák a kol., 1992).

Horizontální srážky i přes menší výskyt, mohou hrát důležitou roli v období sucha, kdy nedochází k častému výskytu vertikálních srážek. V tomto období mohou horizontální srážky v zemědělští obstarat minimální potřeby vody pro život v půdě. Kdyby se horizontální srážky nevyskytovaly, mělo by to fatální důsledky pro život v půdách. Docházelo by k větším erozím půdy a ztrátě úrodnosti půdy.

U deště se sledují zejména čtyři parametry, podle kterých se určují další charakteristiky, jsou to: plocha spadu, doba trvání, pravděpodobný výskyt a vydatnost sledovaného deště. Pro měření těchto parametrů se používají ombrograf, ombrometr, člunkový srážkoměr a váhový srážkoměr. V České republice se nejčastěji využívají modernější člunkové a váhové srážkoměry, které nahradily starší ombrografy. Pro správné určení srážek na daném území je zapotřebí používat jednotnou metodu a srážkoměry. Srážkoměry musejí být umístěny tak, aby vytvořily na území hustou síť (Kemel, 1991).

Srážky po celém světě jsou znečištěné a označované jako kyselé deště. Ty nastávají z důvodu spalování škodlivých látek (olej, uhlí), které obsahují sloučeniny dusíku a síry. Kdyby k této kontaminaci nedocházelo, dala by se srážková voda považovat za vhodnou pro lidskou potřebu a následně by měla i mnohem širší

využití pro obyvatele bez potřebné úpravy. Dešťová voda není vhodná pro konzumaci, avšak je stále využitelná v domácnosti (Böse a Herle, 1991).

Česká republika je závislá na ročním úhrnu srážek, které dopadnou na její území. Roční úhrn srážek na území je odhadován na 54 miliard m^3. ČR jako jeden z mála států světa nemá přístup k moři, leží však ve velmi důležitých evropských povodích (Dunaje, Labe, Odry), které vtékají do moře. Všechna tři povodí se setkávají na území ČR na hranici s Polskem na hoře Klepáč v pohoří Králický Sněžník.

Všechny srážky, která dopadnou na zem, nemohou být využity pro lidské potřeby. Velká část srážek spadne na místa, kde se nedají zachytit, a zůstávají v přírodě nevyužité. Taková voda zasákne do podzemí, vypaří se zpět do atmosféry nebo – kvůli malé rozloze státu – se voda dostane zpět do toku a rychle odteče na území okolních států (Němec a kol., 2006).

3.5 Decentralizovaný systém odvodnění

Principem decentralizovaného systému je zadržení dešťové vody již v místě dopadu, voda se tedy nikam neodvádí, ale – pokud je to možné – je vsakována do podzemí, čímž se obohatí podzemní zdroje vody. Není-li zasakování možné, svádí se voda do podzemních objektů pro retenci a krátkodobou akumulaci. Tím se sníží intenzita odtoku do kanalizací a vodotečí. K decentralizovanému systému odvodnění se přistupuje hlavně u přívalových srážek kvůli snížení intenzity dopadu na zemský povrch a z toho plynoucí zpomalení jejich odtoku (Vítek, 2008).

Jak bylo uvedeno výše, principem decentralizovaného systému odvodnění je zadržování vody. Pokud je voda zadržována u nemovitostí, jedná se decentralizovanou retenci. Retence spolu s využíváním a infiltrací vody u nemovitostí je součástí procesu nazývaného „source control" (opatření u zdroje) (Mifková, 2009).

Finanční náklady na výstavbu decentralizovaného systému nese majitel pozemku, na který dešťová voda dopadne (Vítek, 2008).

Ekonomické důvody pro provádění decentralizovaného systému odvodnění jsou však jen jedním ze čtyř skupin motivačních faktorů, mezi další patří ekologie (tj. motivace za účelem obnovy podzemních vod a zmírnění negativních důsledků na vodní toky v případě rychlého odtoku), bezpečnost (snížení výskytu povodní) a v neposlední řadě je motivací též legislativa (Samek, 2013).

Je několik způsobů, jak lze hospodařit s vodou v decentralizovaném systému. Jako nejvhodnější se jeví zařízení napodobující přírodní podmínky, tj. podporující výpar, vsak a pomalý odtok. Taktéž výhodná jsou zařízení pro akumulaci a užívání dešťové vody či retenci a regulovaný odtok do kanalizační sítě. Základními konstrukčními prvky nebo objekty pro hospodaření s vodou jsou vegetační střechy, propustné zpevněné plochy, vsakovací průlehy, vsakovací nádrže a rýhy, podzemní vsakovací objekty, vsakovací šachty, suché retenční nádrže, umělé mokřady (Stránský, 2003).

3.6 Konvenční systém odvodnění

Podstatou tohoto systému je pohled na dešťovou vodu jako problém, jehož výsledkem je odvedení vody do kanalizace, potoku či řeky, a to nejlépe hned v okamžiku dopadu vody na zemský povrch. Tento systém má však značné nevýhody – může docházet k náhlému hromadění velkého množství vody v kanalizaci, potocích, řekách či nádržích (a s tím vznik souvisejícího hydraulického šoku). Toto náhlé hromadění vody má pak při překročení kapacity objemu kanalizace za následek vystoupání hladiny vody a zaplavení sklepů (Vítek, 2008; Stránský, 2013).

Vyskytuje se zde však další problém, a to znečištění vody (jelikož voda může přitékat z urbánních zón), které s sebou přináší další negativní vliv na faunu a flóru (Vítek 2008).

Veškeré odpadní vody včetně vod srážkových jsou shromážděny ve stokových systémech a dále odváděny společnou kanalizací, ve které jsou vybudovány odlehčovací komory pro snížení intenzity toku. Odlehčovací komory jsou navrženy

tak, že při dostatečném naředění splaškových vod vodami srážkovými dochází k přepadu do recipientu, což vede k hygienickým a ekologickým problémům. Tuto situaci řeší zavedení oddílné stokové soustavy, která se skládá ze dvou oddělených stokových vedení – na vodu srážkovou a vodu splaškovou. Tím dochází k odvedení splaškových vod do čistírny odpadních vod a po vyčištění pak k jejich vypuštění do recipientu. Voda dešťová je přímo odváděna do recipientu (Vykydal, 2017).

Konvenční systém odvodnění je, co se týče finančních nákladů, poměrně nevýhodný a postupně se od něj ustupuje (Vítek, 2008).

3.7 Druhy vod podle účelu využití a vzniku

Druhy vody se rozdělují na pitnou, odpadní, srážkovou, užitkovou a technologickou. Ty se určují podle odvětví, kde se voda využívá nebo vzniká. V každém odvětví voda nemusí dosahovat stejné úrovně pitné vody.

3.7.1 Pitná voda

Za pitnou vodu je považována taková voda, která nezpůsobuje při trvalém užívání zdravotní obtíže nebo onemocnění. Pitná voda je definovaná Vyhláškou 252/2004 Sb.; Ministerstva zdravotnictví. Vyhláška stanovuje hygienické limity pitné vody. Limity se zjistí podle fyzikálních, biologických, organoleptických a chemických ukazatelů (Vyhláška 252/2004). Tyto ukazatele se určují v praxi z tvrdosti vody, obsahu dusičnanů, počtu bakterií, kyselosti (pH), obsah u železa a manganu. Do kompetence vyhlášky spadá i voda balená, tedy ne jenom voda „kohoutková“ (teplá, studená). Pitná voda je zpravidla dopravována vodovodem, ale stále v některých městských obcích, vesnicích, či osadách je pitná voda čerpána ze studní (Šálek a kol., 2012).

3.7.2 Užitková voda

Užitková voda se nehodí pro přímou konzumaci (pití) nebo vaření. Přesto je tato voda zdravotně nezávadná. Využívá se v domácnosti ke koupání, mytí a osobní hygienu. Pro potřeby mimo domácnost se tato voda dá čerpat z řek, rybníků, spodních vod nebo z potoků. Více znečištěná voda (vizuálně, zápachem) se dá využívat v rodinných domech při splachování nebo zalévání na zahradě. Tím

se ušetří pitná voda. Po menší úpravě chemicko-fyzikálních vlastností se tato voda dá využívat pro domácí chov zvířat, topení nebo doplňování vody do bazénu (Šulcová, 2007).

3.7.3 Odpadní voda

Odpadní voda vzniká z odtoku vod z měst, obcí, domácností či firem, kde je využívána pro speciální účely. Většinou tato voda má na první pohled znatelně zhoršenou kvalitou.

Odpadní vody se dělí podle původu vzniku (splaškové, městské, průmyslové) a mohou měnit svou charakteristiku. Městské odpadní vody jsou svedeny do jednotné kanalizace. Vzniknou z kombinace splaškové a balastní využité vody v průmyslu atd. Splaškové odpadní vody vznikají v hygienických zařízeních nebo v domácnostech, většinou se jedná o vodu z toalet, kuchyní, umýváren. Důležité je, že splašková voda neobsahuje odpadní vody z průmyslu, které jsou nejvíce znečištěné a potřebují speciální předčištění. Tato voda je využívána v průmyslu nebo v zemědělství. Protože se tato voda dostává do styku s chemickými a cizorodými látkami, měla by se správně upravovat v místě vzniku (Švehla a kol., 2007).

Odpadní voda v domácnosti se dělí na černou a šedou, šedá voda neobsahuje moč ani fekálie. Vzniká většinou z odpadu v kuchyni a koupelně. Proto se dnes šedá voda využívá v domácnosti například pro splachování toalet. Před použitím ale musí být předčištěná (vodavdome.cz, 2021).

3.7.4 Technologická voda

Technologická voda se využívá především v průmyslu a zemědělství nebo v jiném odvětví, kde voda nemusí dosahovat kvality pitné vody. Tato voda má své specifické vlastnosti, které majitel upravuje pro své potřeby (Petrů, 1961).

3.8 Hospodaření s dešťovou vodou v historii

První poznatky o HDV podle Bruins a kol. (1986) jsou zaznamenávány z aridních oblastí. Počátky HDV se podle nalezených agrologických nálezů datují do doby 9000 před Kristem v Jordánsku – území se suchých klimatem, která se v době

dlouhotrvajících a přívalových dešťů stávaly záplavovými oblastmi. Tyto oblasti využívali zemědělci pro pěstování plodin. Zemědělské plochy se vyskytovaly především v okolí velkých vodních toků, jezer a rybníků.

Forma zemědělství této doby byla primitivní, zemědělci vynalezli jednoduchou formu zavlažování a využívali záplavového odtoku z území. Produkce zemědělských plodin byla v hlavní míře vázaná na dešťový úhrn. V oblasti, kde bylo možné využívat níže položené zemědělské plochy, byly budovány kanálky a pomocí spádu z výše položených vodních zdrojů zavlažovaly jednotlivá pole (Young a kol., 2002).

HDV formou stokování a akumulace dešťové vody – podobné jako v současné době – sahá do období 3 000 let před Kristem v Mezopotámii. Zprávy o stokování a akumulaci vody byly nalezeny v Babylonu. Svody odpadních vod byly používané především pro odvod vody z paláců, kuchyní a lázní. Nálezy dohledávající využití dešťové vody byly objeveny pod zemí, kde byly umístěny nádrže a voda byla využívána pro základní potřeby obyvatel. Nádrže byly izolovány přírodním asfaltem (Klíma, 1962).

Nejvíc zmínek o využívaní dešťovky se datuje do římské doby. Římany považujeme za průkopníky hospodaření s dešťovou vodou. U dochovaných domů byl zaznamenaný svod vody do nádob a nádrží v zemi. Podzemní nádrže byly značně výhodné pro místní obyvatele. Voda měla vzhledem k dobré izolaci konstantní teplotu a neodpařovala se. Archeologické nálezy dokazují, že se používal i speciální materiál pucolán (sopečný písek), který zabraňoval průsaku z nádrže. Postupem času přešli Římané od individuálního systému k systému centrálnímu, kdy se akumulovala voda z více domů. Římané přispěli svou vyspělou architekturou ke kvalitnímu hospodaření s dešťovou vodou zejména v otevřených atriích, kde měli vybudované bazény pro sběr vody (Hlavínek a kol., 2007).

Římané využívali systém vodovodních sítí pro dopravu vody nejen pro potřebu pitné vody, ale využívali ji také pro zavlažování zahrad, řemeslné práce a lázně. Historici se domnívají, že spotřeba vody v Římě byla větší než dnes. Vodovod byl dříve známka prestiže a bohatství. Vodovody fungovaly jednoduchým spádovým principem. Bylo nutné dbát především na správně zvolený sklon, aby nedocházelo

silou proudění k vymletí dna kanálů. Výstavba složitého vodovodního sytému, který dopravoval vodu až ze100 km vzdálených zdrojů, vyžadovalo překlenout rokle a údolí mostními konstrukcemi známými jako akvadukty. Materiál používaný na výstavbu akvaduktů a obdélníkových koryt byl především keramická drť spojená vápnem a pucolánem. Vodovod už v dřívější době byl umístěn do hloubky 0,5 – 1 m pod zem s uzavřeným obdélníkovým korytem, aby nedocházelo k znečištění dopravované vody (Hodge, 2002).

Bannon (2009) uvádí, že jednoduché vodovodní systémy dopravující vodu ze vzdálenějších míst využívala již řecká civilizace. Římané je pouze zdokonalili a dovedli k vysoké efektivitě svojí vyspělou architekturou. Na Obr. 3 je vidět dochovaný římský akvadukt v Portugalsku poblíž města Pegões se 180 nosnými oblouky, který byl postaven v 17. století.

Obr. 3: Římský akvadukt poblíž města Pegões (URL 5).

3.9 Hospodaření s vodou v urbanizovaném území

Dá se říci, že problematika hospodaření s vodou byla dříve opomíjena. Ve vyspělých státech se spíše investovalo do oblasti moderní dopravy a výroby pitné vody. V důsledku nedostatku vody se v současné době obracejí priority a investuje se do oborů zabývající se hospodaření s vodou. Nejpokročilejší státem v oblasti hospodaření s vodou je Izrael. Stát, který je jedním z nejsušších na světě, byl nucen kvůli nedostatku vody v zemi se naučit s vodou hospodařit a šetřit. V dřívějších letech byl Izrael závislý na dodávkách vody z okolních zemí, nyní se jedná o zcela nezávislý stát v zásobování vodou. Izrael využívá moderní odsolovací technologie pro odběr vody z moře, efektivně hospodaří s vodou v zemědělství i v domácnostech

a opětovně využívá odpadní vody. Technologie hospodaření jsou založené na nejnovějších mezinárodních standardech EU, WHO a EPA (Nachshon a kol., 2016)

Stec a Kordana (2015) uvádějí, že pokud se bude v následujících letech zlepšovat HDV a bude se lépe nakládat se šedou vodou v urbanizovaném prostředí, bude tato recyklovaná a upravená užitková voda cenným alternativním zdrojem vody pro místa a účely, kde není nutné využívat pitnou vodu.

Území, které není upravené lidskou činností, se chová ve vztahu k dešťové vodě jinak než přirozené prostředí. V krajině se naprostá většina vody vypaří, vsákne nebo je využita rostlinami. Špatně je nakládáno se zemědělskou půdou v místech, kde zemědělci používají nešetrné postupy při obhospodařování půdy. To má za následek ztrátu schopnosti zadržet vodu v krajině. Postupem času, kdy lidé začali území osídlovat a krajinu přizpůsobovali svým potřebám, se postupně měnil i celkový koloběh vody. Zpevněné plochy (stavby, silnice atd.) znemožňují dešťové vodě se vsáknout do půdy, a tak doplňovat množství podzemní vody (Hlavínek a kol., 2007; Ballard a kol., 2015).

V urbanizovaném prostředí, kde převládá zástavba, dochází k nešetrnému hospodaření s dešťovou vodou. Ze střech je voda z okapů sváděná rovnou do kanalizace, kudy teče do čističky odpadních vod (ČOV), odtud potom vytéká rovnou do vodního toku. To způsobuje nedostatek podzemní vody v místě dopadu srážek. V období přívalových dešťů se stává, že dříve vybudovaná kanalizace je dimenzovaná na menší průtok a tím zapříčiní naplnění kapacity potrubí a voda vytéká na silnice, chodníky a následně zaplní kapacitu ČOV. Z ČOV, hlavně z aktivních čistíren potom odtéká špatně vyčištěná voda. Taková voda kontaminuje vodní tok a negativně ovlivňuje přírodní podmínky v okolí ČOV a toku. Vsakování a zadržení vody v místě dopadu má i pozitivní vliv na ekonomickou stránku města. Když se voda bude zadržovat v místě dopadu nebo bude odváděna oddílnou kanalizací, sníží se náklady ČOV (Hlavínek a kol., 2007).

Nejvíce znečištěné vody v urbanizovaném prostředí pocházejí z ulic a silnic. Znečištění vzniká lidskou činností, erozí zpevněných ploch, vegetací a zvířaty. Lidská činnost je zastoupena především využíváním automobilů, ze kterých unikají

kontaminované kapaliny (benzín, olej, voda do ostřikovačů). V zimním období jsou vozovky a chodníky znečištěny chemickým posypem (chloridem sodným). Znečištění způsobují také zvířata svými výkaly (Butler a kol., 2018).

3.10 Nakládání s dešťovými vodami

Možností HDV je několik. Může se jednat o řešení přímého odtoku jednotnou kanalizací bez následného využití, zadržení vody v nádrži pro další využití nebo pro regulaci odtoku. Poslední možnost je zadržení vody v místě, kde se bude vypařovat z volné hladiny nebo z jiné plochy zpět do ovzduší. Pro hospodaření s dešťovou vodou v rodinném domě se využívají možnosti akumulace vody v nádrži nebo pomocí vsakovacího zařízení.

3.10.1 Odvedení vody jednotnou kanalizací

Způsob odvedení vody jednotnou kanalizací je ze všech možností nejjednodušší a ekonomický nejméně náročný. Voda je svedena z objektu rovnou do kanalizace a odvedena do ČOV. Toto řešení by se však mělo používat pouze za předpokladu, že dešťová voda je ve větší míře znečištěná a nebude moci být dále využívaná. V dnešní době se tato možnost příliš neuplatňuje vzhledem k možnosti následného použití vody (Vrána, 2005).

3.10.2 Akumulační nádrže

Podzemní akumulační nádrže (Obr. 4) se využívají pro dva druhy HDV. Jedná se o způsoby zachycení vody regulovaným odtokem nebo využití vody pro další potřeby. U nádrží s regulovaným odtokem se můžeme setkat s nádrží se škrceným odtokem. Voda, která dopadne na zem, je svedena do nádrže, kde se zadrží tak, aby nedocházelo k přeplňování potrubí. Voda je potom do potrubí odvedena s menší rychlostí odtoku. Nádrže se navrhují na dvouletý déšť. Rychlost maximálního odtoku do kanalizace musí stanovit správce kanalizační sítě. Výhodou je, že se dimenzuje přípojka na kanalizaci pouze na hodnotu stálého odtoku z nádrže (Nehasil, 2012).

U akumulačních nádrží, které budou sloužit pro HDV v domě, je důležité sledovat kvalitu vody. Dlouhodobé zadržení vody v nádrži a její nevyužívání má za následek zhoršení kvality vody. Nejlepší kvalita vody je dosažena u podzemní

vody. Ta je chráněná před kolísavou teplotou vzduchu a tím se udržuje i dlouhodobě ve stejné teplotě. Před dopravením vody do nádrže je voda přefiltrována a přečištěná. To napomáhá udržení kvality vody po delší dobu. Nadzemní nádrže jsou vystavené slunečnímu svitu a klimatickým změnám. Teplota působící na nádrž podporuje rozmnožování mikroorganismů. Proto se tyto nádrže využívají především pro zálivku a hospodaření na zahradě.

Správná kvalita vody se docílí dodržením základních hygienických podmínek:

- Pravidelná kontrola a údržba nádrže
- Předčištění vody před akumulací v nádrži
- Zamezení přístupu plynů z kanalizace
- Zamezení vzdutí
- Kvalitní utěsnění nádrže, aby nedocházelo k zavlečení nečistot nebo organismů do nádrže
- Ochrana před přímým slunečním zářením
- Sedimentace na dně – cca 15 cm nade dnem
- Klidný nátok do nádrže (Dvořáková, 2007b)

Obr. 4: Akumulační nádrž bez vsakovacího zařízení (URL 6).

Nádrže se mohou se umisťovat dovnitř domů (sklepní nádrže), ale zabírají potřebné místo v domě a mají menší akumulační prostor oproti nádržím umístěným vně domu pod zemí. Nejčastěji se setkáváme s nádržemi nadzemními nebo podzemními. Nejméně nákladným a často se vyskytujícím prvkem na zahradě

jsou staré nádoby, káď, ale i např. vany po rekonstrukci koupelen u starších domů. Tyto nádoby slouží jen pro minimální zálivku zahrady, protože voda v nich je rychle znečištěna hmyzem, geologicky „hnije“ a je zanesená. Sklepní nádrže mají na trhu největší zastoupení. Je to zapříčiněno specifickým umístěním v domě. Při nedostatku místa ve sklepě a pro potřebné umístění nádrže se navrhují v mnoha velikostních a tvarových variantách. Jinak se jedná o stejně vybavené nádrže, které jsou umístěné na zahradě (Tůma, 2001; Vrána, 2013).

Ze všech výše uvedených možností jsou nejvýhodnější venkovní podzemní nádrže. Při jejich poruše, výměně nebo jiném problému se bude jednat o řešení na zahradě nikoliv uvnitř domu. Nádrže se vyrábějí sklolaminátové, ocelové a nejpoužívanější plastové. Tento typ nádrží se na trhu prodává především s větším objemem a ve tvaru žebrovaných válců nebo kulovitého tvaru. Při instalaci je dobré vzít v úvahu umístění nádrže. Ty se většinou umísťují těsně vedle svodu z okapu, aby voda do nich hned vtékala a nedocházelo dlouhým transportem ke ztrátám v zásobování. Nádrž by neměla být umístěna do míst, kde parkují automobily, nebo jsou uskladněná jiná těžká zařízení. Nádrže se umísťují do vyhloubené jámy, která je vysypaná 20 cm vrstvou štěrkopísku. Po uložení nádrže na připravený štěrkopísek se napustí vodou nádrž z jedné třetiny. Po chvíli, až se nádrž stabilizuje, se obsype zeminou do výšky hladiny a poté se zemina udusá. Tento postup se opakuje do úplného naplnění nádrže. Doporučenou hloubku uvádí každý výrobce. Všeobecně platí, že by měla být nejméně 800 mm tj. do nezámrzné hloubky zeminy (v jílových zeminách bude hloubka min 1,20 m) (Tůma, 2001; Dvořáková, 2007b).

3.10.3 Vsakování

Pro návrh vsakovacího a zasakovacího zařízení jsou nejdůležitější geologické a hydrogeologické parametry, které charakterizují vsakovací schopnost horninového prostředí. Jedná se o hydraulickou vodivost a koeficient vsaku. Hydraulická vodivost se určuje, jestliže jsou stávající objekty v dané lokalitě mohou být ohrožené činností vsakovacího zařízení. Stanovení hydraulické vodivosti poukazuje na předpokládanou možnou cestu infiltrované vody v horninovém prostředí. Jednotkou pro správný návrh vsakovacího zařízení je koeficient vsaku. Ten charakterizuje v daném místě rychlost infiltrace srážkové vody do horninového prostředí. Pro stanovení koeficientu

vsaku je potřeba provést zkoušku ustálené a neustálené hladiny. Výhoda této zkoušky spočívá v tom, že při jejím provádění se zjistí také hodnoty charakterizující horninové prostředí, například výška hladiny podzemní vody, propustnost a vlhkost zeminy. Zkouška má však nevýhodu – získané hodnoty charakterizující prostředí pouze v momentu provádění zkoušky. Ideální prostředí pro vsakovací a zasakovací zařízení je takové, kdy horninové prostředí je schopné dobře propouštět a odvádět vodu. Při návrhu je důležité si dát pozor, aby při určení nedocházelo k základním hydrogeologickým chybám. V místě návrhu by se neměla nacházet mělká hladina podzemní vody, tzn. hladina nemůže být 2 m pod povrchem terénu. Nesmí se zde nacházet domovní studny a veřejné zdroje, které spadají do ochranného pásma 1. a 2. stupně. V neposlední řadě je důležité dát pozor na málo propustné zeminy, které mají nižší koeficient filtrace k = 1.10^{-7} $m.s^{-1}$, např. jílovitá zemina. Jílovité zeminy obecně nejsou vhodné tedy pro vsakování. Zeminy pro vsakovací zařízení jsou uvedené v Tab. 2, zeminy jsou řazené sestupně od nejvhodnější po nevhodnou zeminu (Šeda, 2017; MMR 2019).

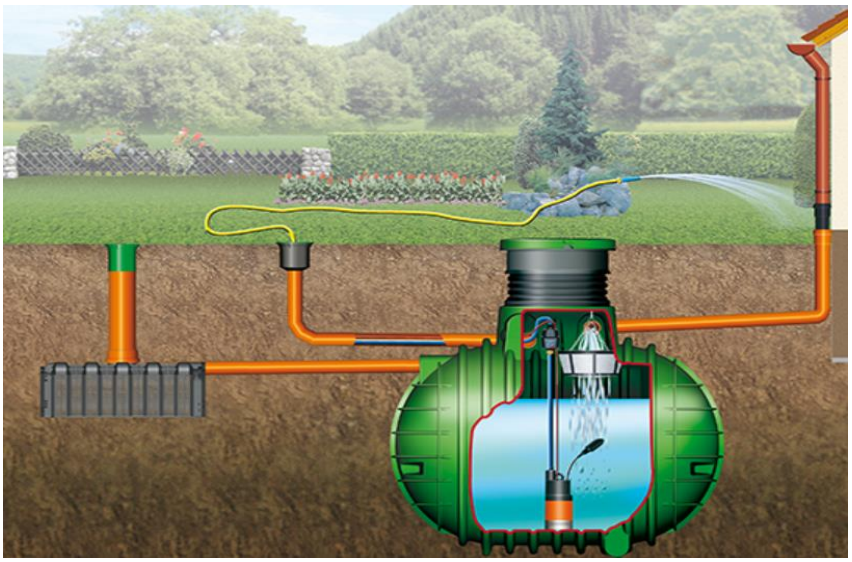
Tab. 2: Vhodnost zemin podle koeficientu filtrace (URL 7).

Zemina	Propustnost v m/s	Koeficient filtrace
hrubozrnný štěrk	0,1 až 0,005	10^{-1} až $5 \cdot 10^{-3}$
jemně až středně zrnitý štěrk	0,03 až 0,0005	$3 \cdot 10^{-2}$ až $5 \cdot 10^{-4}$
písčitý štěrk	0,01 až 0,0001	10^{-2} až 10^{-4}
hrubozrnný písek	0,004 až 0,0001	$4 \cdot 10^{-3}$ až 10^{-4}
středně zrnitý písek	0,001 až 0,00006	10^{-3} až $6 \cdot 10^{-5}$
jemnozrnný písek	0,0004 až 0,000006	$4 \cdot 10^{-4}$ až $6 \cdot 10^{-6}$
hlinitý písek, písčitá hlína	0,000075 až 0,00000005	$7,5 \cdot 10^{-5}$ až $5 \cdot 10^{-8}$
Hlína	0,000005 až 0,0000000001	$5 \cdot 10^{-6}$ až 10^{-10}
jílovitá hlína	0,000004 až 0,0000000001	$4 \cdot 10^{-6}$ až 10^{-10}
hlinitý jíl	0,00000001 až 0,0000000001	10^{-8} až 10^{-10}

Vsakovací zařízení podléhá ustanovení normy ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod, kterým se musí řídit každý zhotovitel. V normě jsou uvedeny nutné výpočty. Pro vybudování vsakovacího zařízení je třeba geologický průzkum, na základě kterého se určují geotechnické, inženýrské a hydrologické poměry v místě stavby. Metoda vsakování se využívá v lokalitách,

kde jsou zpevněné plochy a je možné je nahradit. Jedná se především o chodníky podél silnic, parkoviště nebo málo využívané komunikace (Meiβner a kol., 2005).

Vsakovací zařízení jsou taktéž vhodná i pro rodinné domy a dělí se na podzemní a povrchová. Pro rodinný dům se zahradou se budují především podzemní nádrže z důvodu menší finanční náročnosti, samostatnosti a jednodušších technologických postupů. Vsakovací zařízení v kombinaci s akumulační nádrží viz. Obr. 5 dokáží nejen zásobovat vodou dům a zahradu, ale také obohacují podzemní vody a tím napomáhají i menšímu hydrologickému cyklu v místě nádrže. Větší výskyt podzemních zařízení u domů zlepšuje i kvalitu okolní krajiny. Nádrže nejsou napojené na místní kanalizaci a umožní svou specifickou konstrukcí uvolňovat potřebnou vodu do půdy (Nehasil, 2012).



Obr. 5: Akumulační nádrž se vsakovacím zařízením (URL 8).

3.10.4 Výpar

V urbanizovaných lokalitách je důležité dbát na zeleno-modrou infrastrukturu. Takto jsou označovány vodní a přírodní plochy, zelené střechy a jiné konstrukce osazené zelenými prvky. Všechny tyto možnosti způsobují zpomalení odtoku nebo zadržení vody. Z těchto ploch se voda odpaří do ovzduší a tím se ochlazuje okolní ovzduší (Ballard a kol., 2015).

Zahradní jezírka jsou ideální formou po jednoduché nakládání s dešťovou vodou. Jedná se o levnou variantu, která bude na zahradě utvářet příjemný estetický

prvek. Při správném návrhu jezírko vhodné pro koupání bude zároveň podporovat místní mikroklima a organismy. Zahradní jezírka se poslední dobou upřednostňují před bazény, protože majitel nemovitosti se musí o dešťovou vodu ze zákona postarat. Jezírka se hodí na většinu pozemků, záleží pouze na velikosti pozemku a jeho využívání. Nejideálnější možností zásobování jezírka je návrh samovolného doplňování pomocí stečené vody ze zahrady nebo rovnou ze střechy. Při svodu ze střechy je lepší vodu předem předčistit. Další možnost je zásobovat jezírko vodou z jiných akumulačních nádrží, které jsou na zahradě. Tvar jezírka by měl být nepravidelný, nikoliv čtverec nebo obdélník. Pro výstavbu menších jezírek se dají použít předem vytvořené plastové formy nebo pomocí geotextilie si navrhnout vlastní tvar. Výhodou jezírek je při správném návrhu jeho samočistící funkce, kterou zajistí správné osázení rostlin na okraji břehů a vhodně stanovené rozměry jezírka (Kučerová, 2020).

Zelené (vegetační) střechy lze definovat jako střechy obsahující zeleň sloužící ke zlepšení HDV, snižování teplot a plnící estetickou funkci. Konstrukce pro zelené střechy mají specifické podmínky pro realizaci. Jedna z nejdůležitějších podmínek je únosnost střehy. Střechy musejí unést v jeden moment vodou nasycenou půdu s geotextílii a zelení. Přes vysoké pořizovací náklady lze tyto střechy doporučit. Finanční návratnost se začne projevovat již v prvních letech od realizace. Zelené střechy dosahují i delší životnosti proti běžnému typu střech, protože ozelenění chrání hydroizolaci před vnějšími vlivy, takže není tolik exponovaná. Zelené střecha plní i funkci kvalitní tepelné izolace, díky tlustší střešní vrstvě teplo z domu neuniká (Čermáková a Mužíková, 2009; TNV 75 9011, 2013).

Zelené střechy se mohou navrhnout s odtokem, kdy ze střechy odtéká pouze 10% spadlé vody, zbylá voda se buď zasákne do humusu nebo se odpaří. Dále se navrhují rovné střechy, které jsou zcela bezodtokové, kdy voda zůstává na střeše nebo se zpět odpaří. Specifikem při návrhu bezodtokových střech je bezpečnostní přeliv, který při přívalovém dešti odvede přebytečnou vodu do kanalizace, aby nedošlo k poškození konstrukce. Využívání těchto střech napomůže hospodaření s vodou okolo 20 % a nezatěžuje kanalizaci nebo akumulační nádrž. Zelené střechy mají i své nevýhody. Při instalaci může dojít ke špatnému položení ochranných vrstev společně s hydroizolací a tím vzniká riziko zatékání vody do objektu.

U projektování zelených střech je také potřeba brát zřetel na kotvení zeleně na střeše. U špatného návrhu kotvení může docházet k jejich posunu nebo vyvrácení. To má za následek porušení ochranných vrstev, hydroizolace. V nejhorším možném případě, když budou na střeše vysazeny větší dřeviny, může dojít k porušení stability střechy (Mentens a Raes, 2005; Nehasil, 2012; Sabnis, 2012).

V Tab. 3 jsou uvedeny výhody a nevýhody možnosti HDV v urbanizovaném prostředí. Z této tabulky je patrné, že pro nejefektivnější možností pro HDV jsou zelené střechy.

Tab. 3: Výhody a nevýhody možnosti HDV (URL 9).

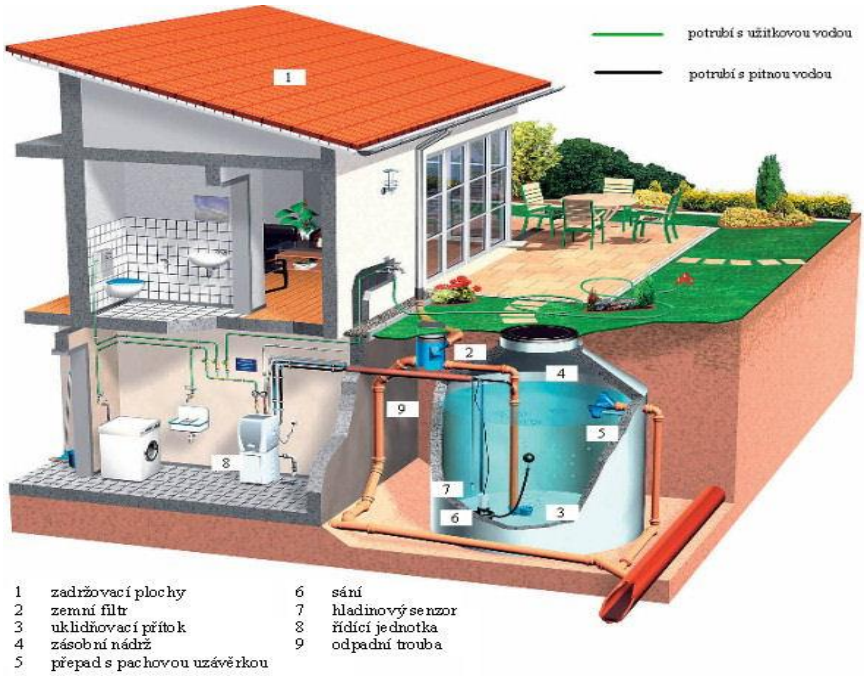
	Zahlcuje kanalizaci?	Může přetěžovat vodní tok?	Přispívá ke stabilitě mikroklimatu?	Umožňuje vodě návrat do vodního cyklu?
Přímý odtok dešťovou kanalizací	ANO	ANO	NE	NE
Akumulace a škrcený odtok	NE	Spíše ne, podle délky zadržení	NE	NE
Zpětné využití v domácnosti	NE	NE	Ne v místě spadu	Snižuje potřebu pitné vody
Vsakování	NE	NE	Mírně	Částečně
Odpar z hladiny	NE	NE	ANO, z části	ANO, z části
Zelené střechy	NE	NE	ANO	ANO

3.11 Technické řešení pro dům a zahradu

Na počátku návrhu se majitel nemovitosti musí rozhodnout, jak bude využívat zachycenou vodu. Od tohoto rozhodnutí se odvíjí celý návrh systému.
Způsoby využití zachycené vody:

- pouze pro potřeby zahrady.
- pro zahradu a domácnost (splachování toalety, praní, mytí auta atd.)
- celá domácnost a zahrada (přeměna dešťové vody na pitnou vodu).

Celý systém od zachycení dešťové vody až po její konečné využití v domácnosti se skládá z několika komponentů. Na Obr. 6 je vidět postup vody a rozložení systému (Dvořáková, 2007b).



Obr. 6: Základní návrh technického řešení pro využití vody v domě a zahradě (URL 10).

Potřebné technické vybavení pro HDV od střechy až po odtok:

- Střecha
- Svody ze střechy
- Filtry
- Akumulační nádrže – viz kapitola 3.11.2
- Plovoucí sací soupravy
- Přepadové sifony
- Čerpací zařízení
- Řídící doplňovací jednotky
- Hladinové senzory
- Tvarovky na uklidnění přítoku
- Odpadní, odběrné a přívodní potrubí (Dvořáková, 2007b)

Dlouholeté výzkumy prokázaly, že rodinný dům ve střední Evropě se střechou o rozloze 160 m^2, v oblasti s ročním úhrnem srážek 800 mm zachytí okolo 100 m^3 mírně znečištěné vody (Tůma, 2001).

Zachycená dešťová voda, která dopadne na střechu domu, je vhodná pro vedlejší potřeby člověka, na které se jinak zbytečně spotřebovává pitná voda. Taková voda se dá využít pro splachování WC, zálivku užitkové zahrady, trávníku, mytí

auta, dopouštění bazénů a další potřeby, kde není nutné využívat upravenou pitnou vodu.

Výhody dešťové vody jsou při použití v domácnosti značné, Böse a Herle (1991) uvádějí na příkladech nevýhody, kdy je použita v domácnosti studniční voda na splachování WC, zalévání květin a pro praní v pračce. Studniční voda na rozdíl od dešťové obsahuje železo a vápno. To má za následek, že v míse WC oxiduje železo, znečisťuje toaletu hnědými skvrnami a usazuje se v nádržce vody. Vápno při zálivce květin tvoří povlak na povrchu zeminy v květináči a po delší době může způsobovat nepříjemný zápach. Při praní prádla v pračce za použití studniční vody s obsahem vápna se zmenšuje účinnost pracích prostředků až na polovinu, což má za následek větší používání pracích prostředků, které stejně nemá takovou efektivitu jako pitná nebo měkká dešťová voda.

Střecha je různými vlivy znečištěna, v době sucha se na střeše hromadí nečistoty a usazeniny. Při dopadu vody na střechu se voda většinou silně znečistí a v kombinaci se škodlivými látkami by se neměla využívat. Při použití záchytného zařízení (sudu, venkovní nádrže atd.) je vhodné nechat první část znečištěné vody odtéct do kanalizace nebo jiného záchytného zařízení, které dokáže toto znečištění odstranit. Pro odklonění znečištěné vody je vhodné implementovat do svodu klapku, která zůstane v první chvíli zavřená a po určité době se samovolně otevře tak, že do nádrží bude odtékat čistá dešťová voda vhodná pro zálivku (Böse a Herle, 1991).

Hlavínek a kol. (2007) uvádí, že nejvhodnější střešní krytina pro zachycení vody je pálená krytina nebo zelené střechy dále v Tab. 4. Podle typu střechy a její krytiny se odvíjejí také postupy zachycení a čištění vody. Zelené střechy mají značnou výhodu, neboť živé rostliny a žijící organismy napomáhají k částečné filtraci škodlivých látek. Ze střechy stéká voda kvalitní a není nutné jí upravovat. Může však docházet k uvolňování půdní hmoty a voda by měla být přečištěná. To záleží na tom, zda voda bude používána jen pro zálivku nebo i pro jiné účely. Podle toho se bude odvíjet následná úprava. Nejhůře jsou na tom střechy a svody z těžkých kovů (zinek, olovo, měď) a azbestocementu. Takové střechy se dnes již nepoužívají a jsou pozůstatkem na starších stavbách (rodinné domy, chaty, chalupy).

Tab. 4: Potenciál znečištění vody podle materiálu (Hlavínek a kol., 2007).

Materiál střešní krytiny a odpadové potrubí	Potenciální znečištění
Sklo	žádný
Pálená taška	žádný
Ozeleněná střecha	žádný
Umělý materiál (PVC, polykarbonát, polyester)	malý
Betonová tvárnice	malý
Vláknitý beton	střední
Asfalt	střední
Zinek	vysoký
Olovo	vysoký
Měď	vysoký
Azbestocement	vysoký

Okapy společně s dešťovými svody dokážou odvést až 90% vody spadlé na střechu. Zbylá procenta se buď vsáknou špatnou izolací do domu nebo přetečou přes okraj střechy. Kvalita materiálu použitého na výrobu okapů a svodových trubek se odráží na ceně. Nejlevnější je plast, je však křehký a nemá příliš dlouhou životnost. Dále se používají měď a zinek, které jsou však dražší, ale mají delší životnost. Průměr trubek se pohybuje mezi 75–110 mm. Svody napojené přímo na kanalizaci se dají doplnit boční klapkou, která se bude otevírat při dešti a z ní se doplňuje povrchová nádrž (sud, káď) na dešťovou vodu (Tůma, 2001).

Voda zachycená výhradně pro využití na zahradě nepotřebuje žádné větší úpravy. Pro zálivku stačí vodu zbavit hrubých nečistot (především listí). Používají se proto jednoduchá samočistící zařízení. Lapače a drátěné sítě vytvářejí záchytný systém hrubých nečistot. Lapače umístěné ve spoji okapu a svodové roury musejí být často kontrolovány, aby nedocházelo k jejich zanesení a ucpání. Drátěné sítě jsou bezúdržbové. Jsou umístěné po celé délce okapů a tím zabraňují vstupu větších nečistot do okapů. Při větším poryvu větru jsou nečistoty ze síta odstraněny. Další možnost odstranění hrubých nečistot je zakomponovat do svodné trouby klapku společně se sítem. Síto je umístěné šikmo v troubě, aby nedocházelo k usazování nečistot. Gravitací se voda přes síto přefiltruje a do nádrže se dostane již zcela zbavená hrubých nečistot. Hrubé nečistoty jsou buď svedeny do kanalizace nebo vyvedené na kompostovací místo. Více se využívá možnost odvodu do kanalizace. Poslední možností, jak se zbavit hrubých nečistot je podokapový hrnec, který je umístěn pod svodem z okapu. Tento lapač není určen pro účely filtrace vody před vtokem do nádrže, ale pouze pro zasakování, zavlažování a doplnění zahradních

jezírek. Je složen z nádoby, ve které se nachází síto a pod ním je filtrační materiál (hrubší kamenivo) (Tůma, 2001; Dvořáková, 2007a; Azizul a Peng, 2017).

Pro využití vody v domě je potřeba použít kvalitnější šachtové zařízení pro zachycení nečistot. Mohou se používat samočistící filtry, které jsou zpočátku nákladnější na rozdíl od košíčkové filtrace, které se musí pravidelně kontrolovat a odstranit nečistoty z košíku. Samočistící filtry se napojují na veřejnou kanalizaci, kam odtékají hrubé nečistoty. Košíčková filtrace je z pohledu zachycení nečistot kvalitnější. Zachytí všechnu nečistotu, která do košíku vteče. Samočistící filtry v tomto ohledu nejsou tak efektivní, dokáží vyfiltrovat z vody pouze 90–95 % nečistot (Dvořáková, 2007a).

Čerpací zařízení společně s řídící jednotkou slouží při nedostatku vody v nádrži k doplnění vody z vodovodního řadu, aby nádrž měla stálou potřebnou zásobu vody. Zařízení je aktivováno po signalizaci nedostatku vody od hladinového senzoru. Hlavním cílem čerpacího zařízení je dopravit vodu z nádrže do domu. Používají se dvě varianty čerpadel, a to ponorná nebo sací. Hlavní rozdíl mezi těmito čerpadly je v jejich umístění. Ponorné čerpadlo se nachází přímo v nádrži a sací maximálně ve vzdálenosti 10 m od nádrže (Dvořáková, 2007b).

Poslední filtr, který je instalovaný za čerpadlem v tlakovém potrubí, slouží k zachycení jemných nečistot. Obsahuje jemné síto o hustotě 0,1 mm. Takové síto dokáže zachytit nečistoty druhu písečných zrn, zbylé rzi a cizorodých částic ve vodě (Dvořáková, 2007a).

Při nárazových či přívalových deštích dochází k přeplnění nádrže a voda musí odtéct do kanalizace. Proto jsou v nádrži umístěné přepadové sifony, které musejí být větší než přívod do nádrže. Dále se do nádrže může umístit čerpadlo sloužící pouze k odběru vody do kanalizace, ale tato možnost se používá pouze v případech, kdy konstrukce a místo nedovolí umístit přepadový sifon. Součásti sifonu musí být přepadová klapka, aby nedocházelo při překročení kapacity kanalizace k vrácení vody zpět do nádrže (Dvořáková, 2007a).

Na odpadní, odběrné a přívodní potrubí se využívají armatury nebo trubky. Materiál se určuje podle umístění a využití v domě nebo na zahradě. Při práci s vodou na zahradě je nejvhodnější polypropylen a polyetyn. Tyto materiály se na zahradu volí z důvodu, že jsou pružné a dokáží se přizpůsobovat do určité míry proměnlivosti váhy půdy. Výhodou plastových trubek je dlouhověkost, jednoduchá instalace a manipulace. V domě se mohou používat trubky z pozinkované oceli nebo mědi. Nevýhodou těchto materiálu je špatná manipulace při ohybu, dochází ke korozi, či zarůstání potrubí (Grozman, 2006).

3.12 Spotřeba vody v domácnosti

Přesná denní spotřeba vody je těžko odhadnutelná. Každý člověk má individuální potřeby a tím i hospodaření s vodou. Proto se pro výpočty a statistiky uvádí průměrná denní spotřeba vody na osobu. Ve výjimečných případech se zavádí do výpočtů roční spotřeba vody. V České republice tyto hodnoty zaznamenává Český statistický úřad a následně pro každý region zvlášť jednotlivé organizace, které mají na starost zásobování pitnou vodu. Největší zastoupení v České republice má francouzská firma Veolia, která je hlavním dodavatelem vody pro Prahu.

Cena pitné vody se liší podle měst a regiónů. Cena vody má vzestupnou tendenci. Mezi lety 1990–1997 se voda rozdělovala podle užití, pro domácnost měla voda jinou cenu než voda využívaná v jiných prostorech. V roce 1998 se ceny vodného a stočného sjednotily, a již není rozdíl, kam se voda dodává. V Tab. 5 jsou uvedeny ceny vodného a stočného v Praze od roku 1998 po současnost. Dá se předpokládat, že kvůli nedostatku vody a nárůstu populace bude cena vody i nadále stoupat. Pro rok 2021 jsou uvedeny ceny vodného (54,77 Kč/m^3) a stočného (46,89 Kč/m^3) (Pvk.cz, 2020).

Tab. 5: Vývoj ceny vodného a stočného (1998–2021) (URL 11).

Cena vody za m^3 (včetně DPH)	
Rok	Cena (Kč)
1998	26,19
1999	29,95
2000	32,63
2001	35,1
2002	37,77
2003	38,57
2004	41,43
2005	42,75
2006	44,36
2007	49,67
2008	51,57
2009	55,12
2010	56,51
2011	60,39
2012	65,38
2013	74,35
2014	75,84
2015	77,65
2016	79
2017	85,18
2018	87,39
2019	89,66
2020	94,09
2021	101,59

3.12.1 Domácnosti

Pražské vodovody a kanalizace každoročně uvádějí vzorové statistiky spotřeby vody v domácnosti na obyvatele Prahy. Pro rok 2019 byly hodnoty stanoveny na 114 litrů pitné vody na den. Za proteklých 114 litrů zaplatí spotřebitel 10,72 Kč. V Tab. 6 jsou rozepsané hodnoty odhadované spotřeby vody, z toho je patrné, že téměř polovina vody je využita na základní hygienické potřeby uživatele a 26 litrů je použito výhradně na splachování WC. Další významnou hodnotou je úklid a praní, kde se spotřebuje 18 litrů vody/den.

Tab. 6: Spotřeba vody v domácnosti v litrech na osobu/den (URL 12).

	Průměrná denní hodnota (litr)	Průměrná cena (Kč)
Základní hygiena	42	3,95
WC	26	2,45
Praní, úklid	18	1,69
Spotřeba v kuchyni	10	0,94
Zalévání	5	0,47
Pití	2	0,19
Ostatní	5	0,47
SUMA	114 litrů	10,72

4 Metodika

Pro zpracování diplomové práce bylo nutné provést sběr potřebných dat získaných z odborné literatury, odborných článků na webu a se související legislativy. Současně byl proveden terénní průzkum, na jehož základech byly zjištěny praktické informace o zájmovém území rodinných domů v Průhonicích a Běchovicích. Terénní průzkum spočíval ve zjištění využitelnosti pozemku (možnosti využití užitkové vody pro zálivku). Dalším bodem terénního průzkumu bylo měření užitkové plochy pásmem. Byl prováděn na přelomu roku 2020/21. Potřebné znalosti byly doplněny z projektové dokumentace zkoumaných domů. Provedené návrhy mají sloužit jako podklad pro realizaci navrhovaného systému v objektu.

Použité postupy a vzorce pro návrh akumulační nádrže na dešťovou vodu jsou použity podle metodiky Reinberk (2016). Správné určení nádrže se stanoví na základě výpočtů potřeby provozní vody v domě a na zahradě podle Plotěného (2013). Postupy výpočtu od stanovení využitelnosti plochy střechy až po stanovení objemu nádrže se shodují s postupy využívané firmou ASIO, která se věnuje návrhu a výstavbě akumulačních nádrží. Výpočty byly provedeny pro každý rodinný dům jednotlivě v kapitole 5. Po navržení vhodné nádrže byla provedena analýza kalkulace pořizovacích nákladů celého projektu. Na základě všech získaných údajů byla stanovena možná dotace z programu Dešťovka II a současně analyzována návratnost investic.

4.1 Postup výpočtů

První výpočet při návrhu systému na HDV je stanovení množství zachycené srážkové vody za celý rok podle vztahu:

$$Q = \frac{j * P * f_s * f_f}{1000}, \qquad (1)$$

Q … průměrné množství zachycené srážkové vody [m^3. rok]

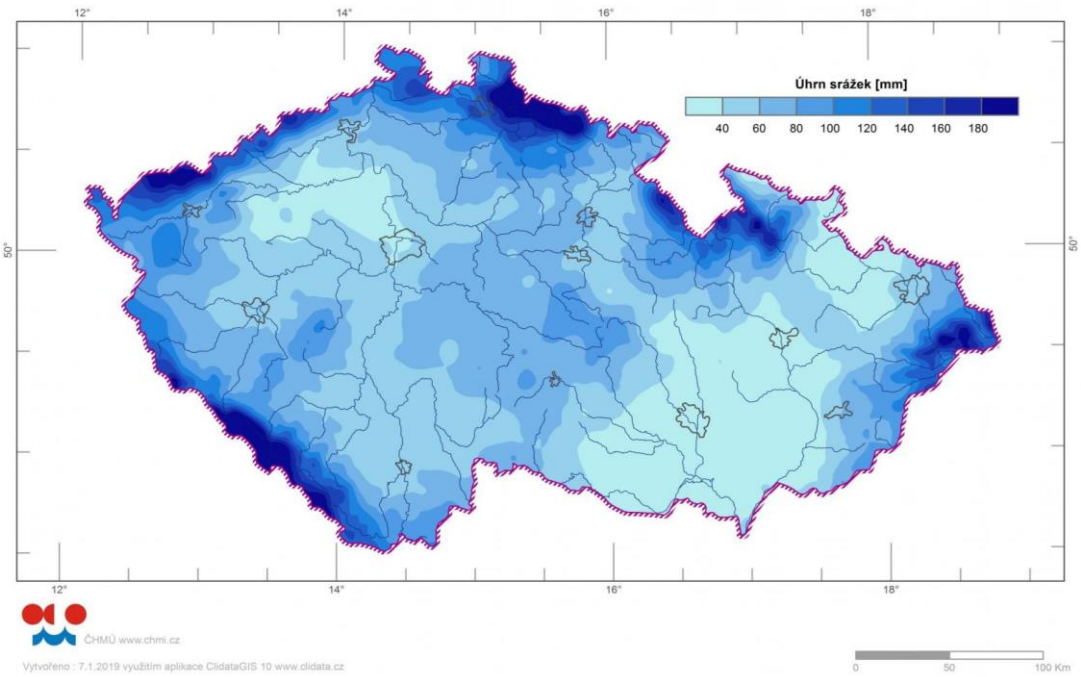
j … množství srážek [mm]

P … využitelná plocha střechy [m^2]

$\mathbf{f_s}$ … koeficient odtoku ze střechy [-]

f_f … koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot [-]

Přesné množství srážek (j) [mm/den] se stanovuje podle ČHMÚ, který uvádí přesně naměřená data za každý rok. Použít lze také BPEJ, kde se uvádí rozmezí hodnot pro daný klimatický region. Z těchto hodnot je ideální stanovení průměru. Posledním a nejjednodušším řešením, které se používá výhradně pro předběžné výpočty, je odhad z mapy ročního srážkového úhrnu (Obr. 7). V diplomové práci bude do výpočtů použit dlouhodobý srážkový normál z Tab. 14 a Tab. 17.



Obr. 7: Roční úhrn srážek ČR v roce 2019 (URL 13).

Využitelná plocha střechy, kterou stanovuje výpočet podle vzorce je převzat od firmy ASIO:

$$P = a * b, \qquad (2)$$

P = využitelná plocha střechy [m^2]
a = délka půdorysů včetně přesahů [m]
b = šířka půdorysů včetně přesahů [m]

Koeficient odtoku ze střechy (f_s) je stanoven z údajů uvedených v Tab. 7, a je odvozen od typu povrchu, odkud je voda odváděná.

Tab. 7: Koeficient odtoku srážkových vod (URL 14).

Druh odvodňované plochy; druh úpravy povrchu[1)]	Sklon povrchu		
	do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
	Součinitelé odtoku srážkových vod		
Střechy s propustnou horní vrstvou o tloušťce do 100 mm (vegetační střechy)	0,7	0,7	0,8
Střechy s propustnou horní vrstvou o tloušťce nad 100 do 250 mm (vegetační střechy)	0,4	0,4	0,5
Střechy s propustnou horní vrstvou o tloušťce nad 250 mm (vegetační střechy)	0,3	0,3	0,3
Střechy s vrstvou kačírku (štěrku) na nepropustné vrstvě	0,9	0,9	0,9
Střechy s nepropustnou horní vrstvou	1,0	1,0	1,0
Střechy s nepropustnou horní vrstvou o ploše větší než 10 000 m^2	0,9[2)]	0,9[2)]	0,9[2)]
Asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
Upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
Komunikace ze zatravňovacích tvárnic	0,2	0,3	0,4
Komunikace ze vsakovacích tvárnic	0,2	0,3	0,4
Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
Zatravněné plochy	0,05	0,1	0,15
1) Odvádění srážkových vod z nemovitosti může být regulováno (sníženo) úpravou povrchu odvodňovaných ploch.			
2) Platí pouze pro dimenzování svodných potrubí vně budov.			

Koeficient stanovující odtok z filtru mechanických nečistot (f_f) se pohybuje většinou v intervalu 0,9 - 0,99. Přesný údaj poskytuje výrobce konkrétního filtračního zařízení.

Před výpočtem celkového objemu nádrže (V_v) je nutné stanovit celkovou spotřebu provozní vody na jednoho obyvatele za den v RD a zahradě. Postupy s výpočty jsou provedené podle Plotěného (2013). Do numerického řešení lze přidat i potřebu vody například pro osobní hygienu, práce je však zaměřená na hospodaření s provozní vodou. Proto jsou vzorce zanechané v následujících tvarech:

$$Q_{24} = q_{wc} * n + q_{pr} * n + q_{ukl} * n + q_{zal} * A_{zal}, \quad (3)$$

$\mathbf{q_{wc}}$ … potřeba vody pro splachování záchodových mís [l/osoba . den]

$\mathbf{q_{pr}}$ … potřeba vody pro praní [l/měrná jednotka . den]

$\mathbf{q_{ukl}}$ … potřeba vody pro úklid [l/m^2 . den]

q_{zal} … potřeba vody pro zalévání nebo kropení [l/m^2 . den]
A_{zal} … zahradní plocha určené pro zalévaní [m^2]
n …… počet měrných jednotek (počet osob, lůžek, m^2) [-]

Potřeba vody pro splachování záchodové mísy (q_{wc}) je rozdělená podle druhu splachovací nádoby. V minulosti se používala jednotná splachovací nádrž s jedním objemem. V současnosti, kdy je kladen důraz na šetření vody, jsou používané dvojité nádrže v zařízení. Každá nádrž má jiný obsah vody, aby nedocházelo při menší potřebě plýtvání vodou.

Vztah pro výpočet splachování toalety s jednou akumulační nádržkou je:

$$q_{wc} = q_o * p, \quad (4)$$

q_{wc} … potřeba vody pro splachování záchodových mís [l/osoba . den]
q_o … splachovací objem toalety [l], dle Tab. 8.
p … počet použití toalety jednou osobou během dne [-], dle Tab. 8.

Pokud se v RD nacházejí dvojité akumulační nádržky na splachování, je splachovací objem toalety (q_o) podle vztahu:

$$q_o = \frac{q_v + 2 * q_m}{3}, \quad (5)$$

q_v … objem vody při velkém spláchnutí [l], dle Tab. 9.
q_m … objem vody při malém spláchnutí [l], dle Tab. 9.

Pro doplnění výpočtu jsou potřebná data z Tab. 8 a Tab. 9.

Tab. 8: Počty použití záchodových a pisoárových mís jednou osobou během dne (URL 15).

Druh mísy a pohlaví uživatelů	Počet použití jednou osobou během dne podle druhu budovy					
	Bytové nebo rodinné domy	Studentské koleje	Školy	Administrativní budovy	Maloobchodní prodejny	
					Zaměstnanci	Návštěvníci
Záchodové mísy pro muže, pokud jsou instalovány také pisoáry	-	-	0,7	1	3	0,17
Záchodové mísy pro muže, pokud nejsou instalovány pisoáry	6	4,42	1,5	4	4	1
Záchodové mísy pro ženy	6	4,42	1,5	4	4	1
Pisoárové mísy pro muže	-	-	1	3	1	0,83

Tab. 9: Splachovací objemy vody pro záchodové a pisoárové mísy (URL 15).

Zařizovací předmět	Splachovací objem q_o [l]	
	Velká nádržka	Malá nádržka
Záchodová mísa	4	2
	4,5	3
	6	3
	8	-
	9	3
	10	3
Pisoárová mísa bez odsávání	0,75 – 1,5	-
Pisoárová mísa s odsáváním	2 – 4	-

Specifická potřeba vody pro praní (q_{pr}) je stanovena tabulkovou hodnotou podle Plotěného (2013). Hodnota je určena podle využití pračky buď v bytovém a rodinném domě, nebo ve větších ubytovacích zařízeních. Při použití pračky v bytovém nebo rodinném domě je počítán litr vody na obyvatele domu v časovém rozmezí jednoho dne. U hotelů nebo prádelen se místo obyvatele uvádí počet lůžek.

$$q_{pr} = 15\ l/\ osoba\ .den, \qquad (6)$$

Tab. 10: Potřeba vody pro praní (URL 15).

Druh budovy	Potřeba vody pro praní q_{pr}
Bytový nebo rodinný dům	15 l/obyvatel .den
Hotel – prádelna	14 l/lůžko .den

Poslední hodnoty pro určení celkové potřeby vody jsou stanoveny podle Tab. 11, kde se uvádějí hodnoty potřeby vody dle způsobu využití. Z této tabulky budou vycházet hodnoty pro potřebu vody k úklidu (q_{ukl}) a potřebu vody k zálivce (q_{zal}). Pro kompletní sestavení rovnice a určení hodnoty pro zálivku se udává plocha k zalévání (A_{zal}). Ta je stanovená podle terénního průzkumu.

Tab. 11: Potřeba vody pro zalévání, kropení a úklid (URL 15).

Způsob použití	Jedno použití [l/m^2]	Roční potřeba [l/m^2 .rok]
Zalévání zahrady	1	60
Kropení hřišť	1,2	200
Kropení zeleně	1	80 – 200
Úklid – jen studená provozní voda (pro úklid se zároveň používá také teplá pitná voda)	0,1	-
Úklid – studená provozní voda (bez teplé pitné vody)	0,3	-

Po stanovení celkové denní potřeby vody v RD a zahradě se počítá celková roční potřeba vody (Q_r) a čistě denní potřeba provozní vody pro RD (Q_d). Při výpočtu celkové roční potřeby vody (Q_r) se uvažuje s nevyužitou zálivkou v celém ročním období. U zálivky zahrady se totiž předpokládá, že se využívá především ve vegetačním období, a to duben–září. Obecně je stanovené, že zálivka by se měla provádět 2x – 3x týdně. Proto se počítá celková roční potřeba vody podle vztahu:

$$Q_r = \frac{Q_d * d + Q_{zal} * A_{zal}}{1000}, \qquad (7)$$

Q_r = celková roční potřeba provozní vody [m^3 . rok]

Q_d = denní potřeba provozní vody v rodinném domě nezahrnující potřebu na závlahu zahrady [l/den]

d = počet dnů v roce, kdy se provozní voda využívá (v rodinných domech 365 dnů)

Q_{zal} = roční potřeba provozní vody pro závlahu zahrady [l/m^2 . rok]

A_{zal} = plocha zavlažované zahrady [m^2]

Pro stanovení celkové denní potřeby provozní vody pro RD (Q_d) se odeberou z rovnice celkové denní potřeby (Q_{24}) hodnoty potřeby vody pro zálivku zahrady (q_{zal}) a plocha zahrady (A_{zal}). Vztah pro výpočet Q_d je potom následující:

$$Q_d = q_{wc} * n + q_{pr} * n + q_{ukl} * n, \quad (8)$$

Hospodaření s dešťovou vodou v RD a zahradě bude ideální, pokud bude platit vztah, že roční zisk dešťové vody bude větší než celková potřeba provozní vody, která bude pokrývána pouze dešťovou vodou.

$$V_d \geq Q_r, \quad (9)$$

V_d = roční zisk dešťové vody [m^3/rok] – podle výpočtu průměrné množství zachycené srážkové vody (Q)

Q_r = roční potřeba provozní vody pokrývaná dešťovou vodou [m^3/rok]

Po stanovení potřeby vody pro domácnost a zahradu se počítá návrh akumulační nádrže. Následující postupy a výpočty pokračují podle Reinberk (2016).

U určení objemu nádrže (V_v) je důležité předpokládat, že během roku není pravidelný úhrn srážek. Proto se stanovila obecně hodnota 20 bezdeštných dnů, kdy by měla akumulační nádrž pokrýt minimální potřebu provozní vody v RD. Vztah pro stanovení objemu nádrže (V_v) podle Reinberka (2016) byl následně upraven autorem pro sjednocení značení z dřívějších výpočtů a pro lepší přehlednost.

$$Reinberk\ (2016) \dots V_v = \frac{n * S_d * R * z + A_g * 10}{1000}$$

$$Autor \dots V_v = \frac{Q_d * R * z + A_{zal} * 10}{1000}, \quad (10)$$

V_v = objem nádrže dle potřeby vody [m^3]

$S_d = Q_d$ = celková denní potřeba provozní vody pokrývaná dešťovou vodou [l]

n = počet obyvatel [-]

R = koeficient využití srážkové vody (0,5) [-]

$A_g = A_{zal}$ = plocha pro zálivku [m^2]

z = koeficient optimální velikosti (bezdeštném období – 20 dnů) [-]

Další krok pro stanovení vhodné akumulační nádrže je výpočet určující objem nádrže dle množství zachycené vody (V_p). Do výpočtu je znovu zaveden předpoklad 20 bezdeštných dnů.

$$V_p = z * \frac{Q}{365}, \quad (11)$$

V_p = objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody [m^3]

Q = množství zachycené dešťové vody [m^3/rok]

z = koeficient optimální velikosti (délka bezdeštného období) [-]

Poslední krok určuje potřebný minimální objem nádrže (V_n). Do vztahu se dosazují výše uvedené objemy nádrží V_p a V_v. Následně se provede porovnání obou hodnot a zjistí se, zda je návrh optimální, nebo zda je spotřeba srážkové vody větší než možnosti střechy nebo naopak spotřeba srážkové vody je menší než možnosti střechy.

$$V_N = min\ (V_V; V_p), \quad (12)$$

Tab. 12: Porovnání objemu nádrže dle potřeby vody (URL 13).

výsledek porovnání objemů V_v a V_p	závěr	Možné opatření
$V_v = V_p$ $\frac{abs(V_v - V)_o}{V_n} \leq 0{,}2$	optimální situace	
$V_v < V_p$ $\frac{abs(V_v - V)_o}{V_n} > 0{,}2$	spotřeba srážkové vody je menší než množství využitelné srážkové vody	posoudit, zda není možné do systému zapojit pouze část plochy střechy
$V_v > V_p$ $\frac{abs(V_v - V)_o}{V_n} > 0{,}2$	spotřeba srážkové vody je větší než množství využitelné srážkové vody	zvětšit plochu střechy (pokud je to možné) nebo počítat s častějším dopouštěním vody do systému (jiné než srážkové)

Po dokončení všech výpočtů pro stanovení objemu akumulační nádrže se vybere vhodná soustava pro hospodaření s dešťovou vodou v domě a na zahradě. Po analýze

výběru soustavy bude provedena kalkulace všech nákladů spojených s instalací zařízení, domovních úprav a celého systému pro HDV. Na základě výsledné kalkulace všech nákladů bude stanovená státní dotace, na kterou by majitel nemovitosti mohl dosáhnout. Dotace bude vypočítána v programu Dešťovka II 2018+. Po vyplnění potřebných údajů budou uvedeny fixní, variabilní a celkové dotace. Výpočet dotací se liší podle využití dešťové vody. Je možné žádat o dotaci jen pro akumulaci srážkové vody pro zálivku zahrady, využití předčištěné odpadní vody s možným využitím srážkové vody, nebo akumulaci srážkové vody pro splachování WC a zálivku zahrady (dotacedestovka.cz, 2017).

Tab. 13: Údaje pro výpočet dotace z programu Dešťovka II 2018+ (autor).

Parametry projektu	Odvodňované plochy
Kraj	Půdorysný průmět střechy [m^2]
Okres	Typ střechy
Obec	Účinnost filtrace
Katastrální území	
Plocha zavlažované zahrady [m^2]	
Počet obyvatel domu	

Závěrečné výpočty budou provedeny pro stanovení doby návratnosti investic. Z výpočtu stanovení ceny dopadlé srážkové vody na střechu se dá určit předběžné stanovení návratu investic v následujících letech.

Cena dopadlé srážkové vody = Q * (vodné + stočné) = [Kč/rok] **(13)**

Q = množství zachycené srážkové vody [l/rok]

Vodné a stočné = cena uvedená podle města, obce [Kč]

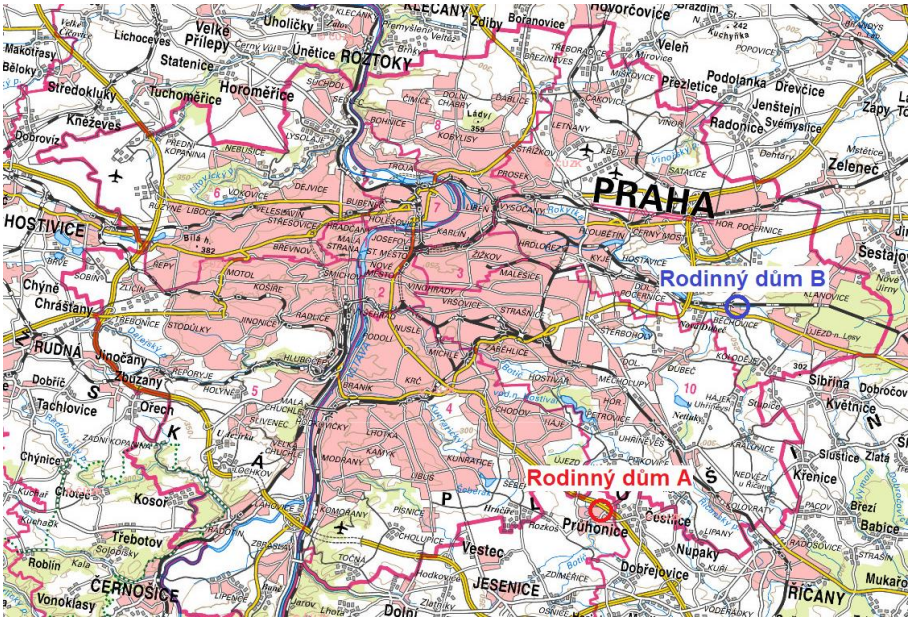
Návratnost investic = Cena projektu / Cena odpadlé srážkové vody = [let] **(14)**

Cena projektu zahrnuje pouze pořizovací náklady akumulační nádrže a celé její sestavy. Do ceny nejsou zahnuté náklady na instalaci nádrže, inženýrské, výkopové, instalatérské práce atd.

5 Vlastní práce

Rodinné domy (dále jen „RD“), které jsou analyzovány v diplomové práci, jsou označeny A, B a uvedeny v mapě (Obr. 8). Rodinný dům A se nachází v okrese Praha – západ. Druhý rodinný dům B se nachází v katastrálním území Praha – Běchovice.

Postupy pro stanovení vhodné akumulační nádrže pro RD A a B jsou provedeny podle metodiky uvedené v kapitole 4. Jedná se o již postavené RD a systém pro HDV bude instalován dodatečně. Výpočty pro oba objekty budou provedeny stejným postupem.



Obr. 8: Lokalita rodinných domů (URL 16).

5.1 Rodinný dům A – Průhonice

RD A leží v k.ú. Průhonice (733971) v okrese Praha – západ. Jedná se o menší obec s počtem obyvatel 2 853. Průhonice jsou vyhledávanou turistickou destinací, kde se nachází Průhonický park se zámkem (na seznamu UNESCO) a významná dendrologická zahrada (pruhonice-obec.cz, 2007). Rodinný dům je situován v zastavěné oblasti na okraji Průhonic.

Obr. 9: Rodinný dům A v Průhonicích (autor).

Zájmové území lokality RD A leží geologicky v Českém masivu a stejně jako zbytek obce se nachází v celé rozloze na zpevněném sedimentu (břidlice a prachovce). Pedologické složení země tvoří především štěrkovité hnědé půdy, převládá hnědozemě (Gremlica, 2016).

Klimatické podmínky zájmového území spadají do klimatického regionu T2, který je charakterizován jako mírně vlhký, teplý, mírně suchý až s mírně chladnou zimou. V daném regionu se pohybuje průměrná roční teplota mezi 8–9°C pravděpodobnost suchých vegetačních období v roce kolísá okolo 20–30 %. (bpej.vumop.cz, 2019).

Pro Středočeský kraj, kde se území nachází je stanoven dlouhodobý srážkový normál (N) dále jen j = 587 mm. Tato hodnota je určená měřením Českého hydrometeorologického ústavu pro rok 2020. Pro výpočet celkového odtoku je ideální používat dlouhodobý srážkový normál, který je průměrem ročních srážek ve Středočeském kraji za 30 let od roku 1981–2010.

Tab. 14: Dlouhodobý srážkový normál (URL 17).

Kraj		Měsíc												Rok
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Česká republika	S	19	78	36	18	75	152	61	111	74	92	22	28	766
	N	44	38	48	42	69	79	88	80	58	43	49	50	686
	%	43	205	75	43	109	192	69	139	128	214	45	56	112
Praha a Středočeský kraj	S	12	64	45	21	64	120	40	99	64	67	16	17	629
	N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	587
	%	35	213	113	62	102	171	49	132	136	197	40	45	107
S = úhrn srážek [mm]														
N = dlouhodobý srážkový normál 1981 - 2010 [mm]														
% = úhrn srážek v % normálu 1981 - 2010														

Obec Průhonice leží na pravostranném přítoku Vltavy v hydrogeologickém rajonu 625. Nejvýznamnější vodní tok je potok Botič s délkou 34,5 km. Pramení na území Čenětic, protéká Průhonickým parkem a vtéká do Vltavy v Praze na Výtoni. Průhonice nejsou součástí Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) a neleží ani na významném regionálním zdroji podzemních vod.

Pozemek, na kterém je situován RD A parcelní číslo 374, má rozlohu 1093 m^2. Na pozemku se nacházejí dvě stavby – rodinný dům s parcelním číslem 375 s rozlohou 132 m^2 a garáž o výměře 32 m^2. Celková výměra pozemku i se zástavbou činí 1 257 m^2. Na pozemku se nacházejí zastavěné plochy (vjezd do garáže se zámkovou dlažbou, skleník, altán, bazén, jezírko a chodník). Zatravněná plocha pozemku se podle měření odhaduje na 327 m^2 a užitková plocha na 318 m^2. Na užitkové ploše se pěstuje zelenina, okrasné květiny a menší dřeviny.

RD A je typem dvougeneračního bydlení. Návrh nádrže se bude počítat pro 3 osoby. Dům je podsklepený se 2 nadzemními podlažími viditelné na Obr. 9. Každé podlaží je samostatně fungující jednotkou. Počet technických zařízení je uveden v Tab. 15. V domě se používají spotřebiče, které mají prvky šetrné spotřeby vody, například úsporné baterie na umyvadlech, sprchovací hlavice s redukcí, pračka, myčka s malou spotřebou, toalety s dvojitou nádržkou pro splachování. Dům má střechu se sklonem 36° o půdorysném průmětu 139,7 m^2. Střešní krytina je z betonových tašek vhodná pro HDV. Cenu vodného a stočného si určuje obec Průhonice samostatně. Celková cena je 81, 75 Kč (vodné 29,94 Kč, stočné 51,81 Kč). Uvedené ceny jsou platné pro rok 2021.

Tab. 15: Technická zařízení v RD A (autor).

Vybavení v domácnosti	Počet	Budoucí zásobení dešťovou vodou
Umyvadla	4x	NE
WC	2x	ANO
Sprcha	2x	NE
Myčka	2x	NE
Pračka	1x	ANO

Pro lepší přehled jsou základní parametry RD A a zahrady uvedeny v Tab. 16**,** kde jsou zároveň shrnuty informace získané z terénního průzkumu a potřebné pro výpočty stanovující vhodnou akumulační nádrž.

Tab. 16: Základní parametry RD A (autor).

Počet lidí v domě	3
Podlahová plocha [m^2]	248
Velikost pozemku [m^2]	1257
Velikost zatravněné plochy [m^2]	327
Užitková plocha [m^2]	319
Plocha pro zálivku [m^2]	645
Druh střechy	Betonové tašky
Sklon střechy	36°
Vhodnost střechy	Velmi vhodná
Průměrný roční úhrn srážek [mm]	587
Cena vodného a stočeného [Kč]	81,75

5.1.1 Průměrné množství zachycené srážkové vody

Výpočet zachycení průměrného množství srážkové vody (Q) na střeše RD A je doplněn o hodnoty ročního srážkového úhrnu j = 587 mm získaného z Tab. 14 . Využitelná plocha střechy P = 193,6 m^2 je doplněná o hodnoty z projektové dokumentace (délka (a), šířka (b)). Koeficient odtoku vody ze střechy f_s = 1 je určen dle Tab. 7 Poslední koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot (f_f) byl určen podle vybraného filtru AS-PURAIN PR-100-o.R od firmy ASIO. Jde o košíkový typ, který se může umístit před nebo za nádrž. Výrobce uvádí účinnost filtru f_f = 0,98.

$$P = a * b = 12,3 * 15,74 = 193,6\ m^2$$

$$Q = \frac{j * P * f_s * f_f}{1000} = \frac{587 * 193,6 * 1 * 0,98}{1000} = 111,37\ [m^3.rok]$$

Na základě provedených výpočtů je u RD A hodnota zachycení množství srážkové vody za rok na střeše je Q = 111,37 m^3. rok.

5.1.2 Celková potřeba provozní vody v domě a na zahradě

Celková potřeba provozní vody se rozděluje na denní (Q_{24}) a roční potřebu (Q_r). Pro její stanovení jsou třeba údaje potřeby vody při splachování, praní a úklidu, dále počet obyvatel v domě a plocha zalévání.

V domě jsou použité nádržky s dvojitým splachováním a jejich objemy odpovídají tabulkovým hodnotám v Tab. 9**.** Objem velké nádržky je q_v = 6 l a malé nádržky q_m = 3 l. Specifická potřeba vody pro splachování toalety je q_{wc} = 24 litrů za den při používání jednou osobou (stanovena výpočtem podle tabulkové hodnoty p = 6 z Tab. 8). Potřeba vody pro praní je přejata z Tab. 10 q_{pr} = 15 l/ obyvatel . den. Specifická potřeba vody pro úklid a zalévání je podle tabulkové hodnoty (viz. Tab. 11) stanovená na q_{ukl} = 0,1 l/m^2, plocha pro úklid je určena z projektové dokumentace n = 248 m^2 a q_{zal} = 1 l/m^2 a plocha pro zálivku A_{zal} = 645 m^2 je stanovena na základě terénního měření.

$$q_o = \frac{q_v + 2 * q_m}{3} = \frac{6 + 2 * 3}{3} = 4\ l$$

$$q_{wc} = q_o * p = 4 * 6 = 24\ l.osoba\ .den$$

$$Q_{24} = q_{wc} * n + q_{pr} * n + q_{ukl} * n + q_{zal} * A_{zal}$$

$$Q_{24} = 24 * 3 + 15 * 3 + 0,1 * 248 + 1 * 645 = 786,8\ l.den$$

Podle výpočtů je hodnota celkové denní potřeby provozní vody 786,8 litrů za den. U tohoto výpočtu se předpokládá, že provozní voda je používána i pro zálivku. V praxi tato hodnota bude o dost nižší, protože se často neprovádí zálivka zatravněné plochy oproti zálivce užitkové zahrady, a to pouze ve vegetačním období. Proto se musí stanovit celková denní potřeba vody pouze pro RD (Q_d) a potřeba vody pro zálivku ve vegetačním období (Q_{zal}). Na zahradě

se předpokládá, že se bude provádět zálivka zahrady každý třetí den ve vegetačním období. To odpovídá 61 dnům zálivky. Z těchto potřeb se stanoví celková roční spotřeba provozní vody v domě a zahradě.

$$Q_d = q_{wc} * n + q_{pr} * n + q_{ukl} * n = [l.den]$$

$$Q_d = 24 * 3 + 15 * 3 + 0,1 * 248 = 141,8\ l.den$$

$$Q_{rok} = \frac{141,8 * 365}{1000} = 51,7\ m^3.rok$$

$$Cena = 51,7 * 81,75 = 4226$$

$$Q_{zal} = 1 * 61 = 61\ l.m^2.rok$$

$$Q_r = \frac{Q_d * d + Q_{zal} * A_{zal}}{1000} = [\ m^3.\mathrm{rok}\ ]$$

$$Q_r = \frac{141,8 * 365 + 61 * 645}{1000} = 91,1\ m^3.rok$$

$$Cena = 91,1 * 81,75 = 7447$$

Celková potřeba roční užitkové vody pro dům a zahradu byla vypočtena $Q_r = 91,1\ m^3$. rok. Při ceně 81,75 Kč za vodné a stočné vyjde tato potřeba na 7447, Kč za rok. Potřeba vody pouze pro dům bez zálivky je $Q_{rok} = 51,757\ m^3$. rok, čemuž odpovídá cena 4226,- Kč za rok.

Vzájemným porovnáním se zjistí, zda roční zisk dešťové vody ze střechy $Q = 111,37\ m^3$. rok ve výpočtu V_d je dostačující pro RD A, kde je celková roční potřeba provozní vody $Q_r = 91,1\ m^3$. rok:

$$V_d \geq Q_r$$

$$111,37 \geq 91,102$$

Výsledek komparace je optimální zisk dešťové vody ze střechy je dostačují na pokrytí roční potřeby vody pro daný RD. Dále tato hodnota musí být ověřena dalšími výpočty pro stanovení optimálního objemu nádrže pro dům a zahradu.

5.1.3 Stanovení objemu akumulační nádrže

V RD A se předpokládá použití venkovní akumulační nádrže vedle domu. Objem akumulační nádrže musí být dostačující tak, aby pokryl bezdeštné období. Proto se do výpočtu přidává hodnota 20 dnů, kdy je předpoklad bezdeštného období a je využívána dešťová voda z nádrže v domě i na zahradě.

$$V_v = \frac{Q_d * R * z + A_{zal} * 10}{1000}$$

$$V_v = \frac{141,8 * 0,5 * 20 + 645 * 10}{1000} = 7,8\ m^3$$

K pokrytí uvažované potřeby provozní vody musí být v bezdeštném období (20 dnů) minimální objem nádrže (V_v) 7,8 m^3.

Na závěr je třeba zjistit objem nádrže podle využitelné dešťové vody (V_p). Do výpočtu se dosazuje opět počet 20 dnů bezdeštného období a množství zachycené vody (Q) z dříve provedeného výpočtu.

$$V_p = z * \frac{Q}{365}$$

$$V_p = 20 * \frac{111,37}{365} = 6,1\ m^3$$

Posledním výpočtem pro objem akumulační nádrže je porovnání, zda je záchytná plocha střechy dostatečně velká pro záchyt dešťové vody.

$$V_N = min\ (V_V; V_p)$$

$$V_N = min\ (7,8; 6,1)$$

$$V_N = 6,1$$

Potřebné objemy nádrží se liší, proto je následující vztah určen podle Tab. 12:

$$\frac{abs(7,8-6,1)}{6,1} = 0,27 > 0,20$$

Spotřeba srážkové vody je větší než možnosti záchytné plochy střechy. V tomto případě je možné uvažovat o využití dalších zpevněných ploch na pozemku, které by sloužily k zachycení vody a její akumulaci, například garáž s plochou střechou. Materiál střešní krytiny je asfaltová hydroizolace s posypem křemílku, který je vhodný pro zachycení dešťové vody. Další možností je zpevněná příjezdová cesta ze zámkové dlažby. Spáry dlažby byly dříve vyplněné pískem nyní je písek smíchaný s půdou Proto je volen koeficient f_{pc} = 0,5 podle Tab. 7. Na straně příjezdové cesty je umístěn kanálek, který zachytává dešťovou vodu a odvádí jí do kanalizace. Obě tato dodatečná opatření by sloužila ke zvětšení plochy pro záchyt dešťové vody.

Výpočet pro zachycení průměrného množství srážkové vody (Q) v kombinaci střechy domu, garáže a příjezdové cesty je podle vzorce z přechozího výpočtu rozšířen o plochu střechy garáže a příjezdové cesty:

Plocha střechy garáže - P_g = 32 m^2
Koeficient odtoku ze střechy garáže – f_g = 1
Plocha příjezdové cesty - P_{pc} = 52 m^2
Koeficient odtoku z příjezdové cesty - f_{pc} = 0,5

$$Q = \frac{j * (P_s * f_s + P_g * f_g + P_{pc} * f_{pc}) * f_f}{1000}$$

$$Q = \frac{587 * (193,6 * 1 + 32 * 1 + 52 * 0,5) * 0,98}{1000} = 144,7\ m^3.rok$$

Objem nádrže dle možností využitelné srážkové vody:

$$V_p = z * \frac{Q}{365}$$

$$V_p = 20 * \frac{144,7}{365} = 7,9\ m^3$$

Díky, množství zachycené srážkové vody se zvětšil objem nádrže z 6,1 m^3 na 7, 9 m^3.

Porovnání výsledků:

$$V_N = min\ (V_V; V_p)$$
$$V_N = min\ (7,8; 7,9)$$
$$V_N = 7,8$$

Při zachycení srážkových vod se zvětšil objem nádrže podle množství srážkové vody. Při porovnání obou hodnot bylo zjištěno, že objem nádrže V_p se minimálně liší než V_v objem potřebný pro zálivku a využití v domě. Tím bylo dosaženo optimálního vztahu. Pro přesné hodnocení byly hodnoty vloženy do závěrečného kontrolního výpočtu.

$$\frac{abs(7,8 - 7,9)}{7,8} = 0,01 \leq\ 0,20$$

V tomto případě se dosahuje optimálního vztahu. Bude se realizovat řešení pro množství srážkové vody svedené ze střechy domu, garáže a příjezdové cesty. Typ nádrže a objem nádrže se určí podle hodnoty V_N, tzv. velikosti odpovídající potřebnému objemu nádrže.

V případě RD A je vybraná akumulační nádrž od firmy ASIO typu AS-REWA Kombi 8 EO s akumulačním objemem 8 m^3. Tato nádrž je určená výhradně pro využívání dešťové vody. Je válcového typu a vyrobená z polypropylenu, který zaručuje dlouholeté využívání.

5.1.4 Finanční zhodnocení

Cena celé sestavy akumulační nádrže od firmy ASIO je 76 230,- Kč

Celý projekt bez použití dotačních prostředků bude splacen za předpokladu stejné ceny vodného a stočného 81,75 Kč a při stejné spotřebě vody za 10 let.

Návratnost investic = Cena projektu / Cena odpadlé srážkové vody = [let]

Návratnost investic = 76 230 / 7 447 = 10,2 = 10 let

Podle programu Dešťovka II 2018+ byla stanovena dosažitelná dotace až 56 950,- Kč, z toho fixní dotace 30 000,- Kč a variabilní 26 950,- Kč. Při dosažení plné dotace by se cena projektu snížila na 19 280,- Kč. Návratnost investic se zkrátila na 3 léta oproti 10 letům bez možnosti dotace.

Návratnost investic = Cena projektu / Cena odpadlé srážkové vody = [let]

Návratnost investic = 19 280 / 7 447 = 2,6 = 3 let

5.1.5 Umístění a instalace

Dešťová nádrž bude umístěna před RD v místě dříve využívané jímky (označeno červeně v Obr. 10). Jímka v současnosti je pouze zasypaná, ale majitel uvedl, že svody do ní jsou stále na místě a pouze odpojené. V tomto případě se svody ze střechy domu, garáže a kanálků na ně napojí. V případě, že původní kanalizace by byla ve špatném stavu, bude odstraněna a bude použito nové potrubí. Realizace projektu začne výkopy pro umístění nádrže. Dále je třeba nalézt původní kanalizaci, připravit rýhu ke kanalizaci, kudy povede elektrická kabeláž k vodárně. Původní betonová jímka bude zcela odstraněna. Nová betonová deska bude zajišťovat stabilitu nádrže. Před umístěním nádrže na desku je nutné položit elektrickou kabeláž, přepadové a přívodní potrubí se spádem 1 %. Umístění nádrže na betonovou desku se povede pomocí těžké techniky. Voda se bude postupně dopouštět do 1/3 výšky nádrže. Nádrž se zásype zeminou do úrovně výšky momentální hladiny vody. Zásyp je možné míchat s pískem nebo štěrkem, po zhutnění se celý postup opakuje až do dokončení zásypu nádrže a oseje se nový trávník. Provozní a monitorovací jednotka AS – RAINMASTER FAVORIT bude instalována ve sklepním prostoru. Dále bude nutné v domě provést instalatérské práce ve formě vybudování dalšího vodního okruhu, který bude schopen využívat vodu z nádrže. U toho to rodinného domu je výhoda již existující šachty v domě, která vede ze sklepního prostoru až do prvního nadzemního podlaží. Tato instalační šachta vede

středě domu a je určena pro všechny potřebné inženýrské sítě. Proto vybudování dalšího vodovodního okruhu nebude v tomto případě náročné. Ve sklepním prostoru nebude nutné vést inženýrské sítě zdí, ale bude stačit je umísti pouze na zeď, protože tak jsou řešeny všechny stávající inženýrské sítě. Ty jsou zavedeny do šachty a napojeny na spotřebiče. Všechny spotřebiče jsou instalovány ke stěně šachty, pro snazší úpravy v případě rekonstrukce nebo havárie vody. Tímto řešením se ušetří vysoké náklady na vybudování dalšího vodovodního okruhu a tím spojené zednické, obkladačské a instalatérské práce.

Obr. 10: Poloha umístění nádrže pro RD A (URL 18).

5.2 Rodinný dům B - Běchovice

Druhý RD (Obr. 11) diplomové práce je označen B, leží v k.ú. Běchovice (601527) na východním okraji Prahy 21. Počtem obyvatel 2866 jsou Běchovice srovnatelné s obcí Průhonice. Běchovice jsou známé tradičním během, který se koná každoročně od roku 1897. Populární silniční běh startuje v Běchovicích, měří 10 km a končí v Praze na Žižkově. V okolí Běchovic se nachází tři chráněná území a to PP Xaverovský háj, PP Počernický rybník a PP Klánovický les - Cyrilov.

Obr. 11: Rodinný dům B v Běchovicích (autor).

Zájmové území objektu B leží rovněž v Českém masivu. Půdy jsou hlinitopísčité nebo jílovitohlinité se střední rychlostí infiltrace vod. Z přesnějšího geologického hlediska RD B leží na zemině v kombinaci hlíny, písku a štěrku značené jako typ nezpevněného sedimentu. Jedná o pestré mineralogické složení. Geologického složení půdy je ovlivněno, blízkostí potoka.

Podle hydrogeologického rajonizace ČR se RD B nachází stejně jako RD A v hydrogeologickém rajónu č. 625 s názvem Proterozikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy. Hlavním kolektorem rajónu je přípovrchová zóna o minimální mocnosti 30 – 40 m, ve které je vytvořená nejednotná zvodeň, převážně s volnou nebo polonapjatou hladinou podzemní vody, která je dobře přizpůsobivá morfologii terénu. V místě RD B jsou hladiny podzemní vody doplňovány Běchovickým potokem, a však největší doplňování podzemní vody je pomocí atmosférických srážek. Podzemní vody v Běchovicích se nacházejí velmi mělce pod terénem (Envis.praha-město.cz, 2009).

Stejně tak klimatické podmínky zájmového území B spadají do klimatického regionu T2. Podrobný popis tohoto regionu je uveden u zájmového území RD A v kapitole 5.1. Pro Prahu, kde se území nachází je stanoven dlouhodobý srážkový normál (N) dále jen j = 587 mm. Tato hodnota je určená měřením Českého hydrometeorologického ústavu pro rok 2020. Pro výpočet celkového odtoku

je ideální používat dlouhodobý srážkový normál, který je průměrem ročních srážek ve Středočeském kraji za 30 let od roku 1981 - 2010.

Tab. 17: Dlouhodobý srážkový normál (URL 17).

Kraj		Měsíc												Rok
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Česká republika	S	19	78	36	18	75	152	61	111	74	92	22	28	766
	N	44	38	48	42	69	79	88	80	58	43	49	50	686
	%	43	205	75	43	109	192	69	139	128	214	45	56	112
Praha a Středočeský kraj	S	12	64	45	21	64	120	40	99	64	67	16	17	629
	N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	**587**
	%	35	213	113	62	102	171	49	132	136	197	40	45	107
S = úhrn srážek [mm]														
N = dlouhodobý srážkový normál 1981 - 2010 [mm]														
% = úhrn srážek v % normálu 1981 - 2010														

Za objektem RD B teče Běchovický potok, který je ohraničen z jedné strany zástavbou a z druhé strany železničním koridorem. Jedná se o menší potok délky 5,2 km s menším průtokem, v období sucha dochází v některých místech k vysychání. Potok pramení v Kolodějích a protéká vodní nádrží v Běchovicích, kterou zásobuje vodou. Běchovický potok je pravostranný přítokem Rokytky (Praha-bechovice.cz, 2021).

RD B leží na pozemku, který se skládá ze tří parcel s katastrálním číslem 130 o rozloze 12 m^2, 131/1 s rozlohou 398 m^2 a 46/2 s výměrou 377 m^2. Nepodsklepený dům má parcelní číslo 131/2 o výměře 202 m^2. Okolo domu je zatravněná plocha o rozloze 316 m^2 a užitková plocha pro okrasné dřeviny a květiny odhadovaná na 75 m^2. Celková plocha pro zálivku je stanovená na 391 m^2. Na pozemku se nachází nepropustná plocha příjezdové cesty a parkovací místo, kde je položená nepropustná zámková dlažba.

Střecha je šikmá stejně jako o domu A s krytinou z betonové tašky. Tato konstrukce je vhodná pro zachycení dešťové vody. Půdorysný průmět střechy se sklonem 38° má 236 m^2. Pod zastřešenou částí domu je situována terasa, garážové stání a prostorné bytové zázemí.

Dům B je typickým dvoupodlažním rodinným domem. Žijí v něm 4 osoby, pro které bude proveden návrh HDV. V domě se nacházejí technická zařízení viz Tab. 18, jsou používány spotřebiče se šetrnou spotřebou vody (úsporné baterie

na umyvadlech, sprchovací hlavice s redukcí, myčka a pračka). Pro splachování WC je využito úsporné splachování s dvojitou nádržkou. Cena vodného a stočného pro rok 2021 je stanovena magistrátem hl. m. Prahy, vodné 54,77 Kč a stočné 46,82 Kč, celková cena tedy činí 101, 59 Kč, cena je o 19,84 Kč vyšší než u RD A.

Tab. 18: Technická zařízení v RD B (autor).

Vybavení v domácnosti	Počet	Budoucí zásobení dešťovou vodou
Umyvadla	6x	NE
WC	4x	ANO
Sprcha	3x	NE
Myčka	1x	NE
Pračka	1x	ANO

Základní parametry o RD B a zahradě potřebné pro stanovení vhodné akumulační nádrže byly zjištěny terénním průzkumem a jsou uvedeny v Tab. 19.

Tab. 19: Základní parametry o RD B (autor).

Počet lidí v domě	4
Podlahová plocha [m^2]	348
Velikost pozemku [m^2]	989
Velikost zatravněné plochy [m^2]	316
Užitková plocha [m^2]	75
Plocha pro zálivku [m^2]	391
Druh střechy	Betonové tašky
Sklon střechy	38°
Vhodnost střechy	Velmi vhodná
Průměrný roční úhrn srážek [mm]	587
Cena vodného a stočeného [Kč]	101,59

5.2.1 Průměrné množství zachycené srážkové vody v RD B

RD B nemá typický obdélníkový půdorys střechy, proto se střecha, rozdělí na čtyři menší obdélníky kvůli výpočtům pro stanovení potřebné hodnoty půdorysného průmětu střechy:

$$P = a_1 * b_1 + a_2 * b_2 + a_3 * b_3 + a_4 * b_4$$

$$P = 11 * 2 + 14 * 6,3 + 11 * 2,7 + 12 * 8 = 236\ m^2$$

Půdorysný průmět střechy byl vypočten 236 m^2. Množství zachycené vody na střeše za rok (Q) bude redukován koeficientem odtoku ze střechy f_s = 1 podle Tab. 7. Domy v obou případech budou využívat systémy od firmy ASIO, a proto je zvolen stejný filtr AS-PURAIN PR-100-o.R s účinností filtru f_f = 0,98. Rovněž úhrn srážek je stejný jako u předešlého domu tj. j = 587 mm z Tab. 17.

$$Q = \frac{j * P * f_s * f_f}{1000} = \frac{587 * 236 * 1 * 0,98}{1000} = 135,76\ [\ m^3.\mathrm{rok}\ ]$$

RD B vzhledem k větší ploše střechy umožní zachytit větší množství srážkové vody Q =135,76 m^3 . rok než RD A.

5.2.2 Celková potřeba provozní vody v domě a na zahradě

V současné době v domě žijí tři lidé, ale v nejbližších letech se plánuje počet osob rozšířit. Proto se celý návrh bude počítat na čtyři obyvatele.

Jak bylo dříve uvedeno, dům je vybaven zařízením vedoucím k úspoře vody, na každé toaletě jsou použité oddělené splachovací nádrže, což bude zohledněno ve výpočtu. Do výpočtu splachovacího objemu vody (q_o) se doplnil podle Tab. 9 reálný objem vody, a to velká nádržka q_v = 4 l a malá nádržka q_m = 2 l. Koeficient využití toalet je určen podle Tab. 8 p = 6.

$$q_o = \frac{q_v + 2 * q_m}{3} = \frac{4 + 2 * 2}{3} = 2,7\ l$$

$$q_{wc} = q_o * p = 2,7 * 6 = 16,2\ l.osoba\ .den$$

$$q_{pr} = 15\ l/\ osoba\ .den$$

Podle výpočtu je potřeba vody pro jednu osobu na splachování toalety 16,2 l za den a na praní 15 l za den. Potřeba vody pro praní byla určená z Tab. 10. Na základě těchto výpočtů se stanoví celková denní potřeba provozní vody v domě a na zahradě Q_{24}. Výpočet je doplněn o specifickou potřebu provozní vody na úklid a zalévání q_{ukl} = 0,1 l/m^2 z Tab. 11. Plocha pro úklid je určená z projektové dokumentace n = 373 m^2 a q_{zal} = 1 l/m^2, plocha pro zálivku A_{zal} = 391 m^2, bylo

stanovena z terénního průzkumu. Na rozdíl od RD A se zde počítá se zaléváním zatravněné i užitkové plochy.

$$Q_{24} = q_{wc} * n + q_{pr} * n + q_{ukl} * n + q_{zal} * A_{zal}$$

$$Q_{24} = 16{,}2 * 4 + 15 * 4 + 0{,}1 * 348 + 1 * 391 = 551\ l.den$$

$$Q_d = q_{wc} * n + q_{pr} * n + q_{ukl} * n = [l.den]$$

$$Q_d = 24 * 4 + 15 * 4 + 0{,}1 * 348 = 190{,}8\ l.den$$

Vypočtená hodnota celkové denní potřeby provozní vody se zálivkou je 551 litrů za den a potřeba provozní vody pouze v domě 198,8 litrů za den.

$$Q_{rok} = \frac{Q_d * 365}{1000} = \frac{190{,}8 * 365}{1000} = 69{,}6\ m^3.rok$$

$$Cena = 69{,}6 * 101{,}59 = 7070$$

Potřeba provozní vody v domácnosti za rok při využití předpokládaného množství 69,6 m^3 v ceně 101,59 Kč za vodné a stočné vyjde na 7070,- Kč.

$$Q_{zal} = 1 * 61 = 61\ l.m^2.rok$$

$$Q_r = \frac{Q_d * d + Q_{zal} * A_{zal}}{1000} = \frac{190{,}8 * 365 + 61 * 391}{1000} = 93{,}5\ m^3.rok$$

$$Cena = 93{,}5 * 101{,}59 = 9498$$

Celková potřeba roční užitkové vody pro dům a zahradu byla vypočtena Q_r = 93,5 m^3 . rok, při ceně 101,59 Kč za vodné a stočné vyjde celkem na 9498,- Kč za rok.

Vzájemným porovnáním výsledků výpočtů bylo zjištěno, že plocha střechy dokáže zachytit dostatečné množství vody pro celkovou potřebu provozní vody v domácnosti i na zahradě.

$$V_d \geq Q_r$$
$$135,76 \geq 93,5$$

5.2.3 Stanovení objemu akumulační nádrže

$$V_v = \frac{Q_d * R * z + A_{zal} * 10}{1000} = \frac{190,8 * 0,5 * 20 + 391 * 10}{1000} = 5,8m^3$$

Pro stanovení objemu nádrže podle množství využitelné dešťové vody (V_p) se ve výpočtu opět zohlední 20 dnů bezdeštného období a množství zachycené vody (Q).

$$V_p = z * \frac{Q}{365} = 20 * \frac{135,76}{365} = 7,4\ m^3$$

Porovnání výsledků objemů využitelné vody a zachycené vody:

$$V_N = min\ (V_V; V_p)$$
$$V_N = min\ (5,8; 7,4)$$
$$V_N = 5,8$$

$$\frac{abs(V_v - V_p)}{V_n} = \frac{abs(5,8 - 7,4)}{5,8} = 0,27 > 0,20$$

U objektu RD B nastala opačná situace než u RD A. Potřeba vody v domácnosti je menší než předpokládané množství zachycené vody. V tomto případě se dá uvažovat více možností. První možností je rozdělit střechu na menší část, ze které se bude zachytávat voda do nádrže, a z druhé části střechy svádět vodu do kanalizace nebo nechat svod nezatrubněn a voda se bude roztékat samovolně po zahradě. Další možností je přes filtr předčistit vodu ze střechy a odvést vodu do Běchovické potoka. Samovolné rozlití po zahradě může u přívalových nebo dlouhodobých dešťů vyvolávat podmáčení trávníku. Poslední možnost řešení je nechat všechnu vodu stékat do nádrže a navrhnout větší nádrž, která bude schopna

akumulovat velké množství vody a zároveň bude odtékat přebytečná voda. Při výběru nádrže se musí brát ohled i na budoucí využití.

Firma ASIO nabízí dvě vhodné akumulační nádrže pro RD B. Momentálně potřebný objem nádrže pro 4 osoby v domě je 5,8 m^3, a proto se nabízí možnost použít nádrž typu AS – REWA Kombi 6 EO s objemem 6,3 m^3 a ceně 71 995,- Kč, která by byla dostačující. Další možností je použít stejnou nádrž typu AS – REWA Kombi 7 s objemem 7,2 m^3 a ceně 73 810,- Kč. Cenový rozdíl mezi oběma nádržemi je pouze cca 2000,- Kč. Nádrže jsou stejné od nátokového hrdla DN 150 až po elektrický rozvaděč v domě. Jediný rozdíl je jejich průměr o 15 cm větší kvůli většímu objemu. Výška nádrže ode dna po hrdlo je totožná.

Na základě analýzy všech informací byla zvolena nádrž typu AS – REWA Kombi 7 EO o objemu 7,2 m^3. Při určování velikosti nádrže byl brán hlavně ohled na situaci, že v domě žije mladá rodina s možností přírůstku. Cenový rozdíl mezi nádržemi je minimální. Pozemek je dostatečně veliký a nemusí se tedy řešit velikost nádrže a současně se bere ohled na možnost zachycení většího množství srážkové vody. Na zahradě se v budoucnu plánuje vybudovat menší zahradní jezírko, které se bude moc dopouštět při dostatku vody z nádrže.

5.2.4 Finanční zhodnocení

Cena celé sestavy akumulační nádrže od firmy ASIO je 73 810,- Kč.

Projekt bez použití dotačních prostředků bude splacen za 8 let za předpokladu stejné ceny vodného a stočného 101,59 Kč, stejného počtu obyvatel v domě a s tím spojenou stejnou spotřebou provozní vody.

Návratnost investic = Cena projektu / Cena odpadlé srážkové vody = [let]

Návratnost investic = 73 810 / 9498 = 7,77 = 8 let

V Programu Dešťovka II 2018+ byla stanovená maximální hodnota dotace na 58 700,- Kč z toho fixní dotace 30 000,- Kč a variabilní 28 700,- Kč. Pokud majitelé obdrží maximální výši státní dotace, tak celý projekt vyjde na 15 110,- Kč.

Se sníženou cenou se rovněž redukovala doba návratnosti investic použitých v projektu HDV na 2 roky oproti původním 8 letům.

Návratnost investic = Cena projektu / Cena odpadlé srážkové vody = [let]

Návratnost investic = 15 110/ 9498 = 1,6 = 2 let

5.2.5 Umístění a instalace

Postup prací pro umístění akumulační nádrže je shodný jako u RD A (viz kapitola 5.1.5). Nádrž je umístěna v rohu zahrady rodinného domu, tento prostor je rodinou minimálně využívaný (označeno červeně v Obr. 12). Nevýhodou zvoleného místa je potrubí dopravující vodu do domu vedené kolem domu, protože technická místnost s vodárnou se nachází na druhé straně domu. Čerpadlo od výrobce je však dostatečně silné, aby zabránilo ztrátě tlaku i při této vzdálenosti. Provozní a monitorovací jednotka AS – RAINMASTER bude instalována do technické místnosti. V RD B nastává podobná situace, jako v RD A a to nutnost vybudovat další vodovodní okruh. V přízemí domu se bude jednat o jednoduché úpravy, protože technická místnost má společné stěny s koupelnou, WC a pračka je přímo umístěna v technické místnosti. Problém při instalaci nového vodovodního okruhu bude nastávat v prvním nadzemním podlaží. Nad technickou místností se nacházejí pokoje, které mají vlastní koupelnu s WC. Tam bude napojení jednoduché vzhledem k dobré dostupnosti. Další koupelna s WC se však nachází na druhé straně domu. Zde budou muset být provedeny mnohem větší úpravy. Při budování dalšího okruhu budou také mnohem větší náklady spojené s rekonstrukcí, pokud se majitel nemovitosti rozhodně zapojit všechny toalety v domě.

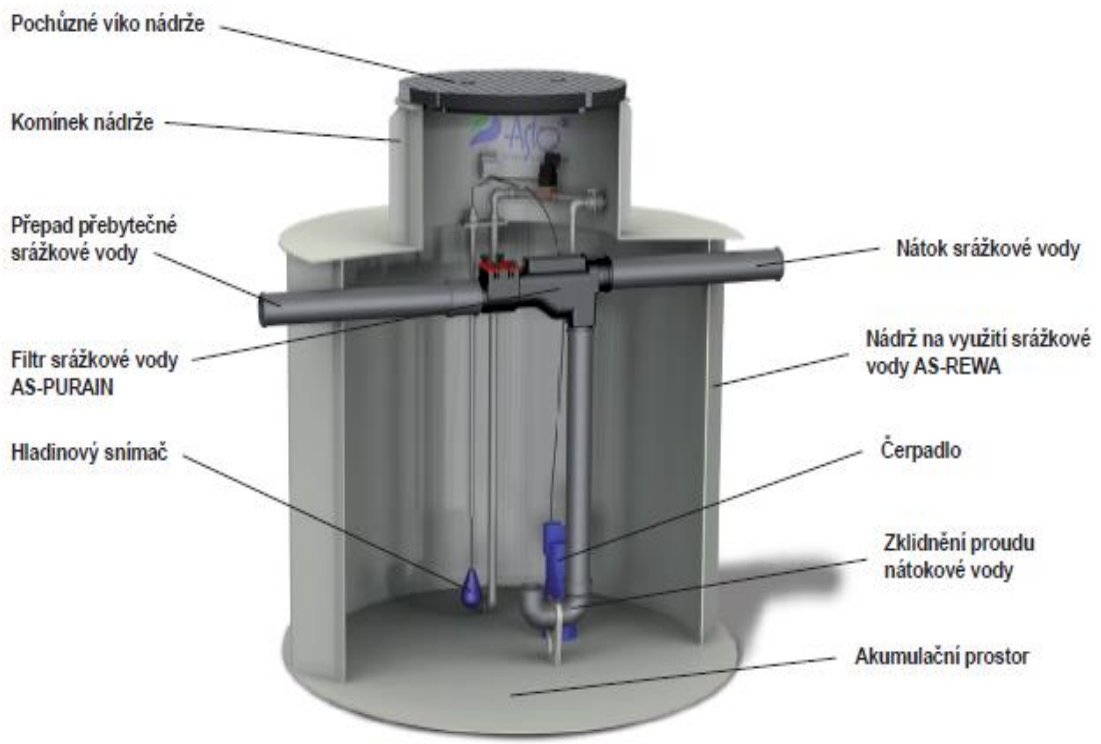
Obr. 12: Poloha umístění nádrže u RD B (URL 19).

5.3 Specifikace navrhnuté nádrže AS – REWA Kombi 7 EO a 8 EO

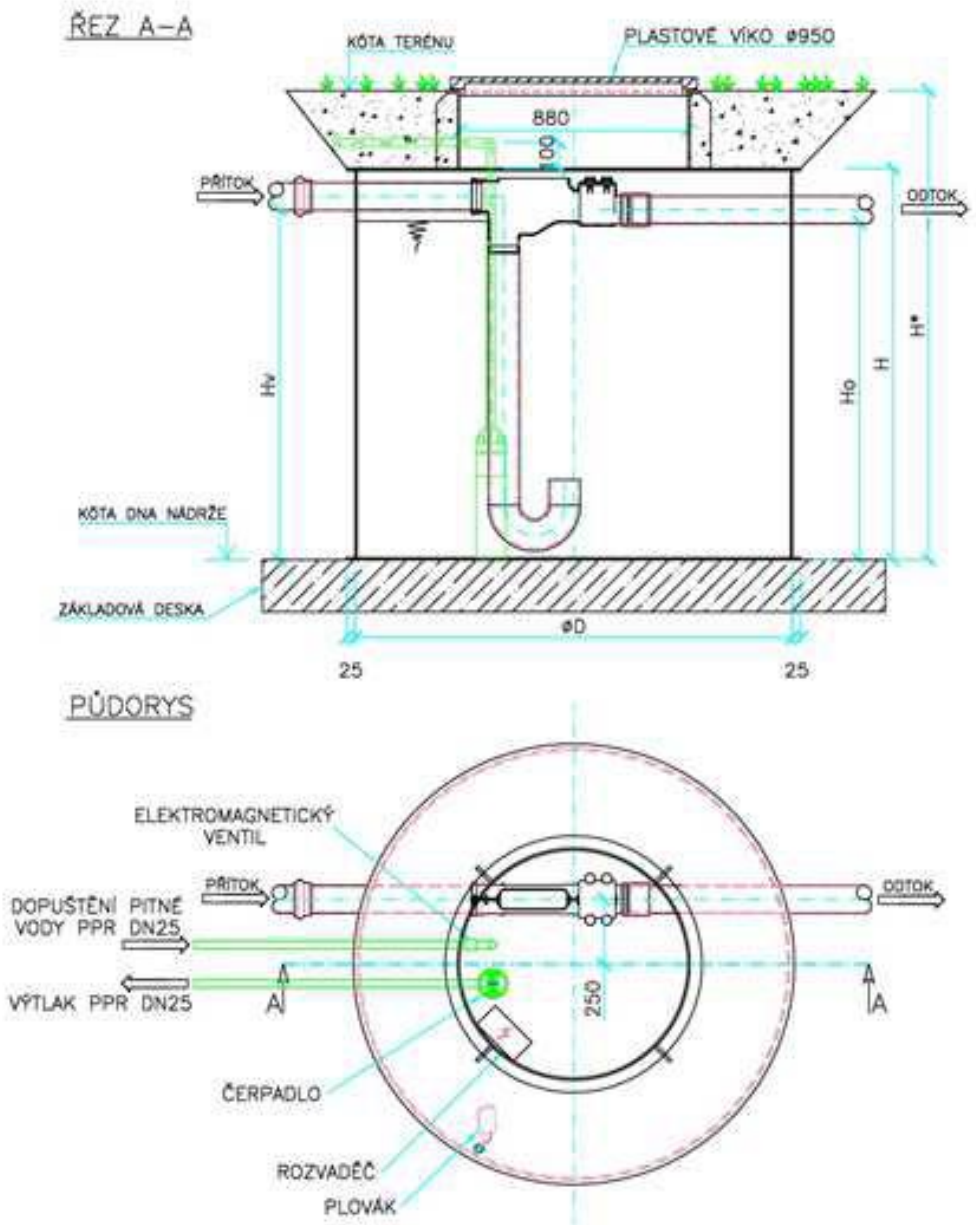
Nádrže AS-REWA Kombi (Obr. 13) slouží především k akumulaci a následnému využití dešťových vod. Lze ji také využívat pro potřeby regulovaného odtoku dešťové vody z pozemku a kvůli využití moderního funkčního vybavení je vhodná také pro akumulaci přečištěné šedé vody. Výroba nádrže se provádí formou svařování polypropylenových konstrukčních prvků. Zvolený typ nádrže má válcový tvar, který je označován EO. Technický schéma nádrže je znázorněn na Obr. 14. Součástí sestavy AS – REWA Kombi 7 EO je nádrž o objemu 7,2 m^3 o průměru 2 300 mm, její výška je 2 300 mm včetně vstupního komínu s poklopem DN 950 (průměr 880 mm), hmotnost samostatné nádrže bez doplňků je 300 kg. AS – REWA Kombi 8 EO je nádrž o objemu 8 m^3 o průměru 2 400 mm, její výška je 2 300 mm včetně vstupního komínu s poklopem DN 950 (průměr 880 mm), hmotnost samostatné nádrže bez doplňků je 330 kg. Dále se k sestavám shodně dodává mechanický filtr AS-PURAIN PR-100-o.R, ponorné tlakové a čerpadlo, hrdlo k bezpečnostnímu přepadu. Tento systém má řídící jednotku AS – RAINMASTER FAVORIT, hladinový snímač, čerpadlo, elektromagnetický ventil. Hlavní řídící systém slouží k regulování vody v nádrži a správnému doplňování pitné vody do nádrže v případě jejího nedostatku. Mechanický filtr AS-PURAIN PR-100-o.R je dimenzován na potrubí DN150 o průtoku 16,9 l/s. Jedná se o moderní typ filtru, který

dokáže zadržet až 98% nečistot. Filtr má v sobě zabudované mohutné síto z kvalitního materiálu, které odolává nečistotám po celou dobu životnosti filtru. Filtr díky specifickému tvaru vyvolá při vtoku vody do filtru hydraulický vodní skok. Filtr je umístěn uvnitř nádrže a nečistoty, které projdou sítem, jsou pomocí skimmeru odebírány z volné hladiny uvnitř filtru. Výhoda filtru je malá náročnost při čištění. Jedná se o samočistící filtr, který při přívalovém dešti silou vodního slupce v potrubí odstraní usazené nečistoty, které se pomocí vodního skoku vyplaví na volnou hladinu a jsou stáhnuty skimmerem.

Do celého systému je možné přidat doplňkové zařízení ve formě jemného filtru nebo UV zářiče. Jemný filtr se používá v případě náchylnosti spotřebičů na jemné nečistoty. Filtr se umísťuje bud přímo u spotřebiče nebo za spotřebičem, případně před čerpadlo. Dále je možnost využít UV zářiče umístěného před nebo za čerpadlo. Ty se používají v případě speciálních požadavků majitele domu s požadavkem na mimořádnou kvalitu vody z hlediska obsahu mikrobiologických nečistot (Asio.cz, 2011).



Obr. 13: Nádrž na dešťovou vodu AS - REWA Kombi (URL 20).



Obr. 14: Technické schéma AS-REWA kombi (URL 20).

Tab. 20: Rozměry AS-REWA kombi 7 EO a 8 EO (URL 20).

Název	Akumulační objem [m³]	Vnější rozměry				Potrubí	Hmotnost
		DxH [mm]	H_v	H_o	H*	DN	[kg]
AS-REWA kombi 7 EO	7,2	Ø2300/2000	1770	1720	2300	150	300
AS-REWA kombi 8 EO	8	Ø2400/2000	1770	1720	2300	150	330

H* - výška s typizovaným komínkem 300 mm

5.4 Přeplnění a nedostatek vody v nádrži

V případě obou rodinných domů by byly nádrže napojeny na místní kanalizaci. Pokud dojde k přeplnění objemu nádrže v případě nevyužívání užitkové vody, dlouhodobých nebo přívalových deští, je voda odvedena přes bezpečností přepad do kanalizace. Řešení napojení na kanalizaci není optimální. V úvahu je možnost

k akumulační nádrži použít doplňkový systém formou vsakovacího tunelu AS – KRECHT (Obr. 15) od firmy ASIO. Takové řešení by znamenalo neodvádět vodu zbytečně do kanalizace a tím jí zatěžovat. Možné je řešení využít kombinace, kdy voda bude z části odváděna a vsakována do země. Pro využití vsakovacího tunelu je nutné provést vsakovací zkoušku, která zjistí propustnost horninového prostředí v terénu. Zkouška se provádí vrty se speciálními sondami, kdy je sonda umístěna na místě předpokládaného zařízení a je do ní pouštěn konstantní objem objemem vody. Současně je provedena simulace činnosti vsakovacího zařízení, na základě které výslední hodnota je určena predikuje ideální možnost vsakování do horninového prostředí potřebného koeficientu vsaku. Pro správné určení koeficientu je nutné, aby zkoušku prováděl kvalifikovaný hydrogeolog.

Obr. 15: Vsakovací tunel AS-KRECHT (URL 21).

V případě nedostatku vody v suchém období nebo většího využívání užitkové vody je akumulační nádrž doplňována přes elektromagnetický ventil v nádrži, který řídí hlavní jednotka AS-RAINMASTER. Voda se dopouští přímo do nádrže, aby nedošlo k jejímu úplnému vyprázdnění. Hladina vody v nádrži musí být vždy minimálně 20 cm od dna nádrže, jinak by došlo k usazení sedimentu a bylo by nutné nádrž vyčistit. Hladinu vody v nádrži hlídá hladinový snímač.

5.5 Vodní zákon

Oba RD jsou momentálně napojeny na kanalizační systém. Proto jsou majitelé nemovitosti povinni dle zákona č. 245/2001 Sb. vodního zákona se přihlásit k dodatečnému placení stočného za vypuštěnou dešťovou vodu do kanalizace. Jedná se o stejný postup, jako je využívání studniční vody a následného vypouštění vody do kanalizace. V tomto případě se šetří odebíraná pitná voda z vodovodu, ale musí

se připlácet za větší objem vypuštěný do kanalizace. Majitel nemovitosti má dvě možnosti, a to ve formě paušálové platby (stočné + koeficient 1,25) nebo podružného vodoměru a jeho instalace na okruh užitkové vody. Pro oba RD je volena varianta s podružným vodoměrem. Cena takového vodoměru se pohybuje okolo 1000,- Kč.

5.6 Žádost o dotaci z programu Dešťovka II 18+

Žádost o finanční dotaci z programu Dešťovka je podávána elektronickou formou na oficiálních stránkách programu nebo na krajském pracovišti Státního fondu životního prostředí České republiky (SFŽP ČR). Žádost lze podat svépomocí nebo ji podá stavební firma zabývající se výstavbou nádrží, ta však musí mít od majitele plnou moc. Majitelé domů v Průhonicích a Běchovicích shodně využijí v případě realizace projektové služby firmy. Žádost musí být podána maximálně 1 rok po ukončení realizace projektu, ale lze jí podat i před realizací nebo během realizace projektu. Základem pro žádost je doložení odborného posudku, který se pohybuje v ceně okolo 6 500,- Kč, když majitel domu celý projekt navrhne a provede svépomocí. Jedná se o zjednodušenou projektovou dokumentaci, kterou musí poskytnout dodavatel nádrže. Na zhodnocení žádosti u stávajících domů od SFŽP ČR je čekací lhůta 30 dnů (Narodniprogramzp.cz, 2021).

6 Diskuse

Zvolené téma diplomové práce ukazuje na jednoduchou možnost úspory pitné vody. Dle názoru odborníků i vlastních zkušeností bude zásoba podzemní a povrchové vody v následujících letech klesat. Jak uvádí jednatel společnosti ASIO Plotěný (2017):

Tím, že budeme využívat dešťovku na zalévání, splachování a praní ušetříme nejen vodu, ale i životní prostředí díky úspoře pracích prášků a např. menšímu zasolení půdy atd. Těch návazností je tam povícero a díky za každý krůček k udržitelnosti. Ale co je možná ještě důležitější, doufejme, že MŽP tím i signalizuje, že se chce touto tématikou vážně zabývat, a že spolu s dotacemi přijdou ruku v ruce změny v legislativě a v jednání vodoprávních úřadů a stavebních úřadů, které „rozdávání" peněz podpoří tak, jak je to, co se týká recyklace signalizováno např. ve Vodním zákoně.

S výše uvedenými názory Plotěného souhlasím. Diplomová práce prezentuje problematiku současného špatného HDV a možností efektivněji využívat HDV pro stávající rodinné domy. Tento problém je celosvětový. Je důležité si uvědomit, že lidé jsou hlavním faktorem ovlivňujícím fungování planety. Plotěný uvádí, že i přes různé vyhlášky a normy je stále malá informovanost v této oblasti. Dá se říct, že jsme na začátku rozvoje a snahy o nápravu chyb z minulých let. Stále je počet realizovaných zařízení na HDV menší oproti stavbám, které využívají pitnou vodu a dešťovou odvádějí rovnou do kanalizace.

Stát považuje tuto problematiku za velmi aktuální a důležitou, proto vznikají a doplňují se vyhlášky, které mají vést k lepšímu HDV, např. vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby. Proto vznikl i dotační program Dešťovka II 2018+. Ten má napomoci majitelům nemovitostí s lepším nakládáním s dešťovou vodou formou finančních dotací, které za určitých podmínek pokryjí až polovinu nákladů. Majitelé objektů mohou žádat o dotaci v případech, kdy chtějí využít systém pouze pro zahradu, dům a zahradu nebo využívání dešťové i šedé vody v domě i na zahradě.

Mejzlík (2016) definuje problematiku spojenou s HDV takto:

Globální oteplování planety v posledních letech s sebou přináší extrémní sucho a zároveň i extrémní přívalové srážky. Zásoby vody každý rok ubývají, a proto je potřeba s pitnou vodou šetřit. Platí to i o pitné vodě, jejíž cena neustále roste. Je tedy zcela nerozumné a nehospodárné používat ji třeba k zalévání zahrady, mytí auta nebo napouštění bazénu. V horkém létě je používání pitné vody pro tyto účely dokonce zakázané. Měli bychom se tedy postarat o využití vody, kterou získáme zdarma z dešťových srážek.

S vyjádřením Mejzlíka lze než souhlasit. Objem dešťových akumulačních nádrží navržených v této diplomové práci je stanoven na potřebu vody v domě i na zahradě. Proto je například u rodinného domu v Průhonicích navrhnuta akumulační nádrž AS – REWA kombi 8 EO o objemu 8 m^3, která má pokrýt potřeby vody nejen v domě, ale také zálivku rozlehlé zahrady s okrasnými květinami a jinými plodinami. Při předpokladu menší rozlohy užitkové plochy by výsledné hodnoty pro stanovení objemu nádrže byly menší. To by mělo za následek menší objem nádrže a nižší pořizovací cenu.

V současné době je možné pozorovat vzestupný trend výstavby systémů na využívání dešťové vody. U nových rodinných domů nebo větších projektů majitelé mají zájem o tyto systémy. Stavební firmy na to reagují a rozšiřují svoji nabídku v tomto oboru stavebnictví. Nabízejí mnoho možností řešení využívání dešťových vod a současně dostatečné množství akumulačních nádrží různých variant a tím oslovují všechny majitele nemovitostí. Další možností je využívání i šedé a žluté vody v domech, což by mělo za následek celkovou samostatnost domu. Rozhodnutí záleží pouze na majiteli domu, protože tím se opět navyšují počáteční náklady. Stavební a projekční firmy poskytují bezplatné konzultace a v mnoha případech i bezplatné návrhy, čímž napomáhají rozšiřovat informovanost. Podle firmy ASIO většina zákazníků tuto možnost využívá a nechává si bezplatně navrhnout systém pro HDV. Po zjištění pořizovací ceny, možné dotace a ušetření vody i celkové návratnosti si nechávají projekt realizovat.

Pokud se lidé včas naučí hospodařit s pitnou vodou, budou tak méně závislí na dodávce pitné vody. Je důležité si uvědomit, že není potřeba pro každou činnost

používat pitnou vodu. Možností, jak zachytit a hospodařit s dešťovou vodu, je hned několik a jsou uvedené v rešerši v kapitole 3.10. Pro obyvatele rodinných domů je dle mého názoru nejjednodušší formou řešení (hospodaření) využití akumulační nádrže zachycující dešťovou vodu. Proto se této problematice věnuji v diplomové práci. Při využití finanční dotace z programu Dešťovka II 18+ se nejedná o velkou investici. Pokud mohou majitelé investovat větší finanční prostředky, je možnost rozšířit návrh o vsakovací bloky a systém využití šedých vod. To by znamenalo opět větší samostatnost a nižší náklady na potřebu vody.

V práci je prezentováno řešení pro využití dešťové vody v domácnosti a na zahradě. Návrh byl proveden pro dva rodinné domy v práci uváděné A a B. Oba domy se nacházejí na okraji Prahy, jsou od sebe vzdáleny vzdušnou čarou necelých 10 km, proto jsou některé jejich krajinné hodnoty podobné nebo dokonce stejné. V Tab. 21 jsou uvedené hodnoty nutné pro stanovení vhodného návrhu akumulační nádrže pro HDV.

U RD A se od počátku počítalo s využitím záchytu vody ze střechy, ale výpočtem bylo zjištěno, že střecha nemá dostačující kapacitu. V úvahu byla dvě řešení, a to doplňování nádrže pitnou vodou nebo rozšíření záchytné plochy. Na pozemku se nachází garáž s plochou střechou a kolem příjezdové cesty záchytné kanálky. Po sečtení všech ploch, které mohou zachytávat vodu, bude doplněná plocha dostatečná. Jedná se o menší úpravy a napojení všech svodných kanálů do nádrže. Díky tomuto opatření se pokryje potřeba vody pro rodinný dům a voda se dá využívat i na zalévání užitkové zahrady.

RD B měl dostatečně velkou záchytnou plochu pouze ze střechy. Momentálně v domě bydlí pouze 3 obyvatelé. Jejich potřeba vody je menší než zachycené množství srážkové vody za rok. Minimální objem nádrže byl stanoven na 5,8 m^3 a bylo možné tedy využít nádrž s objemem 6,3 m^3. Po konzultaci s majitelem byla navržena nádrž o objemu 7,2 m^3. Cenový rozdíl mezi nádržemi byl pouhých 2000 Kč. Mladá rodina plánuje v budoucnu přírůstek, v úvahu je třeba brát i dostačující velikost pozemku pro umístění větší nádrže.

Systémy HDV navrhované v diplomové práci mají předpokládanou pořizovací cenu bez použití dotačního programu Dešťovka II 2018+ u RD A 76 230,- Kč a RD B 73 810,- Kč. Cena zahrnuje pouze sestavu s akumulační nádrží včetně všech potřebných systémových doplňků. Výsledná cena projektu se v této fázi nedá přesně stanovit. Náklady na realizaci projektu porostou v průběhu rekonstrukce uvnitř domu, která je spojená s realizací druhého vodovodního řadu pro dešťovou vodou. U rekonstrukci se musí počítat se zednickými, obkladačskými a instalatérskými pracemi. Nejmenší náklady ohledně rekonstrukce se předpokládají u RD A blíže v kapitole 5.1.5, u RD B se musí předpokládat s mnohem vyššími náklady za předpokladu vybudování druhého vodovodního okruhu po celém domě viz kapitola 5.2.5. Do finálního zúčtování se promítne suma všech nákladů, a to pořizovací cena akumulační nádrže, doprava, instalace, vybetonování základové desky, zahradní práce atd. a v neposlední řadě rekonstrukce domu. Cena může být snížena za předpokladu, že majitel si nádrž přiveze, provede výkopové práce a bude schopen provést svépomocí práce při budování druhého vodovodního okruhu. Hlavní snížení ceny však může být dosaženo využitím dotace z programu Dešťovka II 2018+. Získáním celé výše dotace by pořizovací náklady byly sníženy o víc jak polovinu a celý projekt vyjde u RD A na 19 280,- Kč a RD B 15 110,- Kč. Jedná se tedy o velkou finanční podporu státu.

Tab. 21: Srovnání výsledků (autor).

	Rodinný dům A Průhonice	Rodinný dům B Běchovice
Počet obyvatel	3	4
Cena vodného a stočného [Kč]	81,75	101,59
Plocha střechy [m^2]	193,6	236
Záchytná plocha pro srážky [m^2]	277,6	236
Průměrné roční množství zachycené srážkové vody [m^3. rok]	144,7	135,76
Celková denní potřeba provozní vody pro dům a zahradu [l. osoba. den]	786,8	551
Celková denní potřeba provozní vody pro dům [l. osoba. den]	141,8	190,8
Celková roční spotřeba provozní vody v domě [m^3. rok]	51,7	69,6
Cena celková roční spotřeba provozní vody v domě [Kč]	4226	7070
Celková roční spotřeba provozní vody v domě a zahradě [m^3. rok]	91,1	93,5
Cena celková roční spotřeba provozní vody v domě a zahradě [Kč]	7447	9498
Minimální potřebný objem nádrže [m^3]	7,8	5,8
Typ nádrže	AS-REWA Kombi 8 EO	AS-REWA Kombi 7 EO
Objem vybrané nádrže [m^3]	8	7,2
Cena nádrže vč. doplňků [Kč]	76 230	73 810
Maximální výše dotace [Kč]	56 950	58 700
Cena s využitím dotací [Kč]	19 280	15 110
Předpovídaná návratnost s dotací [let]	3	2

7 Závěr

Přínosem diplomové práce je ukázat majitelům nemovitostí a zájemcům na možnosti, jak lze jednoduše šetřit dešťovou vodu a využívat ji ve svůj prospěch. Lepší využívání srážkových vod přispívá ke zlepšování mikroklimatu na zahradě. Využití většího množství nádrží v zástavbě zlepšuje místní klima.

Návrhy pro stávající rodinné domy byly provedeny na základě žádosti majitelů nemovitostí, kteří uvažují o realizaci. Vnímají problematiku nedostatku vody v krajině a chtějí přispět ke zlepšení životního prostředí.

Cílem práce bylo navrhnout účinná řešení pro využívání dešťové vody ve dvou rodinných domech se zahradou. Pro návrh systémů bylo nutné studium odborné literatury, provedení terénních průzkumů a zjištění praktických informací o pozemku od majitele nemovitostí. Terénní průzkum spočíval ve zjištění využitelnosti pozemku (možnosti využití užitkové vody pro zálivku). Dalším bodem terénního průzkumu bylo měření užitkové plochy pásmem. Hodnoty byly uvedeny v Tab. 16 a Tab. 19. Na závěr průzkumu in-situ bylo určeno vhodné místo pro umístění nádrže uvedené v Obr. 10 a Obr. 12. Celé řešení bylo směrováno k využití provozní vody v domě a na zahradě. V domě se to týká především zařízení, kde není potřebná hygienická kvalita vody. Jedná se o využití vody na splachování WC, praní prádla, úklidu v domácnosti a zálivky rostlin. Na zahradě je počítáno především s využitím provozní vody pro zálivku užitkové plochy s vegetací. V případě dostatku provozní vody je možné vodu ještě využívat pro mytí. Na základě analýzy všech získaných informací u rodinných domu v Průhonicích je navrhována válcová akumulační nádrž typu AS – REWA Kombi 8 EO o objemu 8 m^3 a u domu v Běchovicích AS – REWA Kombi 7 EO o objemu 7,2 m^3. Obě nádrže by měly pokrýt stávající i budoucí potřebu provozní vody.

Na základě numerických výpočtů a návrhů akumulačních nádrží včetně kalkulace státních dotací mohu konstatovat, že nyní jsou ideální podmínky pro realizaci akumulačních nádrží. Stát dostatečně motivuje majitele, aby využívali dotaci z programu Dešťovka II 18+.

Návrh je možné ještě rozšířit o zasakovací zařízení pro oba domy, bylo by však nutné provést geologický průzkum, který by určil potřebné charakteristiky zeminy, zejména koeficient vsaku apod. Zasakovacího zařízení by zlepšovalo místní mikroklima a snížila by se potřeba vody na zálivku v lokalitě.

U stávajících nemovitostí je realizace dešťových nádrží či jiných doplňků, které mají sloužit k HDV, náročná kvůli vybudování druhého vodovodního okruhu, který slouží k dopravě vody z nádrže do zařízení. Majitelé nemovitostí musí tedy brát v úvahu především vysoké náklady na rekonstrukci. Nevýhodnější řešení, kdy provádět návrhy zařízení pro HDV, je v případě nových nemovitostí nebo větších rekonstrukcí. U rodinných domů v Průhonicích a Běchovicích je návrh HDV založen na jejich žádosti, u RD A rekonstrukce nebude nijak náročná, protože je instalační šachta vedená domem. U RD B majitel počítá s větší rekonstrukcí a je nakloněn k řešení, které znamená efektivní hospodaření s vodou.

Vzhledem k prognózám nedostatku vody je důležité si uvědomit, jak nedostatečně se dosud nakládá s dešťovou vodou. V urbanizovaném prostředí dochází ke znečišťování vody při odtoku vody z chodníků, střech a silnic. Voda odteče kanalizací do ČOV, která je při delším úhrnu srážek nebo přívalovém dešti zahlcena. Odtud je voda vedena do toku, avšak tím ztrácí svůj potencionál využití v krajině. Když se postupem času začnou využívat alespoň akumulační nádrže, tak se začne šetřit pitná voda, která je čerpána z toků nebo podzemních zásob.

Jak bylo uvedeno, stát i trh podporují projekty pro využití dešťové vody. Proto je důležité rozšiřovat informovanost o této problematice jak mezi majitele stávajících domů, tak investory plánujících novou výstavbu. Ideálním řešením je provádět návrhy HDV tak, aby domy byly samostatné, eventuálně pitnou vodu využívaly minimálně. V tom případě by se využívalo šedé, žluté i dešťové vody. Ozonizací se dešťová voda zbaví závadných látek a je možné ji využívat i v kuchyni na vaření.

8 Seznam použitých zdrojů

8.1 Knižní zdroje

1. AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY (AVČR), 2020. Klimatická změna: fenomén současnosti [online]. Praha [cit. 2020-11-26], Dostupné z: https://www.avcr.cz/opencms/export/sites/avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/avex/files/2020-04-Klimaticka-zmena.pdf
2. AZIZUL S., PENG H., 2017: Harvesting Rainwater from Buildings. Springer. Switzerland.
3. BALLARD W., WILSON S., UDALE-CLARKE H., SCOTT T., ASHLEY R., 2015: The SuDS Manual. Ciria, London.
4. BANNON C., 2009: Gardens and Neighbors: Private Water Rights in Roman Italy. University of Michigan Press, Michigan.
5. BÖSE K., a HERLE J., 1991: Voda pro dům a zahradu. SNTL, Praha.
6. BRUINS H. J., EVENARI M., a NESSLER U., 1986: Rainwater-harvesting agriculture forfood production in arid zones: The challenge of the African famine. AppliedGeography, Sde Boker.
7. BUTLER D., DAVIES J., W., DIGMAN CH., MAKROPOULOS CH., 2018: Urban drainage. CRC Press; 4th edition, New York.
8. ČERMÁKOVÁ B., MUŽÍKOVÁ R., 2009: Ozeleněné střechy. Grada, Praha.
9. DVOŘÁKOVÁ D., 2007a: Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení. Tzbinfo (online). [cit. 2021-01-19], Dostupné z: https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni
10. DVOŘÁKOVÁ D., 2007b: Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení. Tzbinfo (online). [cit. 2021.13.01], dostupné z https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni
11. GREMLICA T., 2016: Analýza obce Průhonice. Ústav pro ekopolitiku, Praha.
12. GROZMAN P., 2006: zavlažujeme zahradu. Grada, Praha.

13. HLAVÍNEK P., PRAX P., a KUBÍK J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. ARDEC, Brno.
14. HODGE A. T., 2002: Roman Aqueducts and Water Supply. Bloomsbury Publishing, London.
15. KEMEL M., 1996: Hydrologie. České vysoké učení technické, Praha.
16. KLECZEK, J., 2011: Voda ve vesmíru, na zemi, v životě a v kultuře. Radioservis, Praha
17. KLÍMA J., 1962: Společnost a kultura starověké Mezopotámie. Československé akademie věd, Praha.
18. KUČEROVÁ, T. Postavte si na zahradě jezírko a využijte dešťovou vodu. Tzbinfo [online]. 2020, 12.1.2012 [cit. 2021-01-17], Dostupné z: https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/20095-postavte-si-na-zahrade-jezirko-a-vyuzijte-destovou-vodu
19. MEIβNER E., NADLER A., ROSENZWEIG G., 2005: Regenwasserversickerung – Gestaltung von Wegen und Plätzen. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Deggendorf
20. MEJZLÍK L., 2016: Využívání dešťových vod je trend. Wavin Academy [online]. WAVIN Ekoplastik s.r.o [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: https://www.wavinacademy.cz/wp-content/uploads/2016/10/160613_Stavebnictvi-a-interier_hospodareni-s-vodou_160613_FIN.pdf
21. MENTENS J., RAES D., a kol., (2005): Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? Landscape and urban planning 77, Leuven.
22. MIFKOVÁ, T. Retence dešťových vod I. Tzbinfo [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, 2009 [cit. 2021-01-17], Dostupné z: https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/6053-retence-destovych-vod-i
23. MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ (MMR), 2019: Vsakování srážkových vod: Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj [online]. Praha [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: https://www.mmr.cz/getattachment/e16069fa-3bf8-4a1d-82af-28a17df865c5/Metodika-vsakovani_srpen2019.pdf.aspx?lang=cs-CZ&ext=.pdf

24. NACHSHON U., NETZER L., LIVSHITZ Y., 2016: Land cover properties and rain water harvesting in urbanenvironments, Sustainable Cities and Society, Jerusalem.
25. NEHASIL, O., 2012: Proč se musí dešťová voda zadržovat v místě spadu? Tzbinfo [online]. [cit. 2021-01-16], Dostupné z: https://voda.tzb-info.cz/8687-proc-se-musi-destova-voda-zadrzovat-v-miste-spadu
26. NĚMEC J., HLADNÝ J., BLAŽEK V., Ministerstvo zemědělství, 2006: Voda v České republice. Consult, Praha.
27. PETRŮ A., 1961: Průmyslové odpadní vody. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.
28. PLOTĚNÝ K, 2013. Využití šedých a dešťových vod v budovách [online]. Tzbinfo [cit. 2021-01-31], Dostupné z: https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach
29. PLOTĚNÝ K., 2017: Dotace Dešťovka je smysluplná jako první krok. Tzbinfo [online]. ASIO NEW, spol. s r.o., 23.2.2017 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: https://voda.tzb-info.cz/120702-dotace-destovka-je-smysluplna-jako-prvni-krok
30. SABNIS G. M., 2012: Green Building with Concrete: Sustainable Design and Construction. CRC Press, Boca Raton.
31. SAMEK O. Motivace k hospodaření s dešťovou vodou. Tzbinfo [online]. Praha: Nicoll Česká republika, 2013 [cit. 2021-01-17], Dostupné z: https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/9961-motivace-k-hospodareni-s-destovou-vodou
32. STEC A., KORDANA, S., 2015: Analysis of profitability of rainwater harvesting, greywater recycling and drain water heat recovery systems Resources. Conservationand Recycling, Rzeszów.
33. STRÁNSKÝ D., 2013: Přírodně blízké hospodaření se srážkovými vodami na stavebním pozemku a jeho důsledky pro územní plánování, Fakulta architektury ČVUT v Praze, Praha.
34. ŠÁLEK J. a kol., 2012: Voda v domě a na chatě. Využití srážkových a odpadních vod. Grada Publishing, a.s., Praha.

35. ŠEDA S., 2017: Sborník přednášek [online]. Choceň [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: http://www.fingeo.cz/images/dokumenty/Sbornik_vodarenska_praxe_2017.pdf
36. ŠULCOVÁ M., 2007: Základy hygieny a epidemiologie: modul Klinických předmětů. Univerzita J.E. Purkyně, Ústav zdravotnických studií, Ústí nad Labem.
37. ŠVEHLA P., TLUSTOŠ P., BALÍK, J., 2007: Odpadní vody. Česká zemědělská univerzita, katedra agrochemie a výživy rostlin, Praha
38. TLAPÁK V., a kol., 1992: Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí ČR, Praha.
39. VÍTEK J.,STRÁNSKÝ D., KABELKOVÁ I., BAREŠ V., VÍTEK R., 2015:Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. ZO ČSOP Konikle, Praha.
40. VÍTEK, J. Odvodňování urbanizovaných území podle principů udržitelného rozvoje. Jvprojektvh.cz [online]. [cit. 2021-01-17], Dostupné z: http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/2008-06-09_JVPVH.pdf
41. VRÁNA, J., 2005: Voda a kanalizace v domě a v bytě: instalatérské práce. Grada, Praha.
42. VRÁNA, J., 2013: Využití šedých a dešťových vod v budovách. Tzbinfo [online]. [cit. 2021-01-16], Dostupné z: https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach
43. VYKYDAL, M. Dešťové kanalizace. Vodnihospodarstvi [online]. Praha: Mott MacDonald CZ, 2017 [cit. 2021-01-17], Dostupné z: https://vodnihospodarstvi.cz/destove-kanalizace/?highlight=destova%20voda
44. YOUNG M. D., GOWING J., WYSEURE G. C., a HATIBU N. 2002: Parched–thirst: Development and validation of a process-based model of rainwater harvesting.Agricultural Water Management, Tyne.

8.2 Internetové zdroje

1. Běchovice dnes [online]. Praha [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: http://www.praha-bechovice.cz/bechovice/bechovice-dnes/

2. Cena vodného a stočného [online], 2020. Praha: PVK [cit. 2021-01-13], Dostupné z: https://www.pvk.cz/vse-o-vode/cena-vodneho-a-stocneho/

3. Co je to šedá voda? [online]. SOVA.net [cit. 2021-01-14], Dostupné z: https://www.vodavdome.cz/co-je-to-seda-voda/

4. Dešťovka II – Jak požádat o dotaci krok za krokem [online]. Praha: Národní program Životního prostředí [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: https://www.narodniprogramzp.cz/detail-vyzvy-2/destovka-2-jak-pozadat-o-dotaci-krok-za-krokem/

5. Dotace Dešťovka [online], 2017. Praha: Státní fond životního prostředí ČR [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: https://www.dotacedestovka.cz/

6. Nádrže na dešťovou vodu AS-REWA[online], 2011. Brno: ASIO [cit. 2021-02-11], Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/as-rewa

7. Plán oblasti povodí dolní Vltavy: Část A popis oblasti povodí, 2009. ENVIS - Informační servis o životním prostředí v Praze [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: http://envis.praha-mesto.cz/plan_pov_dvltavy_122009/A/1_TEXTOVA_CAST/VD_Kapitola_A.pdf

8. Svět trápí nedostatek vody - budeme pít vlastní moč? [online], 2010. [cit. 2021-01-10], Dostupné z: http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/svet-trapi-nedostatek-vody-budeme-mit-vlastni-moc

9. Základní informace o obci [online], 2007. Průhonice [cit. 2021-01-28], Dostupné z: https://www.pruhonice-obec.cz/o-pruhonicich/d-64937/p1=8063

10. Změna klimatu [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 2020-10-26], Dostupné z: http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zmena-klimatu/zakladni-informace

8.3 Zákony a vyhlášky

1. TNV 75 9011. 2013 Hospodaření se srážkovými vodami. Sweco Hydroprojekt, a.s., Praha.

2. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů.

3. Zákon č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

8.4 Internetové zdroje obrázků, tabulek, grafů

URL 1: <https://www.avcr.cz/opencms/export/sites/avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/avex/files/2020-04-Klimaticka-zmena.pdf > [cit. 2020.12.15]
URL 2: <https://www.avcr.cz/opencms/export/sites/avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/avex/files/2020-04-Klimaticka-zmena.pdf > [cit. 2020.12.15]
URL 3: <https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/oob-h-vody-water-cycle-czech?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects> [cit. 2020.12.15]
URL 4: <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/svet-trapi-nedostatek-vody-budeme-mit-vlastni-moc> [cit. 2020.12.18]
URL 5: <https://www.staydosol.com/our-locale/aquaduct-at-pegoes/> [cit. 2020.12.15]
URL 6:<https://www.az-shop.cz/akumulacni-plastova-nadrz-na-destovou-vodu-4500-l-sid-az-87002-detail> [cit. 2021.01.07]
URL 7: <http://www.zasakovani.cz/geolog.html> [cit. 2021.01.07]
URL 8:<https://www.topin.cz/clanky/podzemni-nadrze-garantia-na-destovou-vodu-na-veletrhu-for-arch-2020-detail-9241> [cit. 2021.01.07]
URL 9: <https://voda.tzb-info.cz/8687-proc-se-musi-destova-voda-zadrzovat-v-miste-spadu> [cit. 2021.01.10]
URL 10:<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni [cit. 2021.01.11]
URL 11: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/cena-vodneho-a-stocneho/vyvoj-vodneho-a-stocneho-v-praze/>[cit. 2021.01.11]
URL 12:<https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/> [cit. 2021.01.11]
URL 13: <https://www.irozhlas.cz/fotogalerie/7723083?fid=8527426> [cit. 2021.01.20]
URL 14: <https://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/11136-revize-csn-75-6760-vnitrni-kanalizace-ii>[cit. 2021.01.20]

URL 15: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach> [cit. 2021.02.2]
URL 16: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/> [cit. 2021.02.2]
URL 17: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>[cit. 2021.02.14]
URL18: <https://mapy.cz/turisticka?x=14.5620983&y=50.0042555&z=20&base=ophoto&source=muni&id=4278 >[cit. 2021.02.22]
URL 19: <https://mapy.cz/turisticka?x=14.6197554&y=50.0830193&z=20&base=ophoto >[cit. 2021.02.21]
URL 20: <https://www.asio.cz/cz/as-rewa >[cit. 2021.02.22]
URL 21: <https://www.vodashop.cz/vsakovaci-tunel-as-krecht-dm-t-1600-m-60-tunel/> [cit. 2021.03.20]