

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A  
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ VODY V DOMÁCNOSTI  
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jakub Burket

Bakalant: Gabriela Látalová

2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Gabriela Látalová

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

**Využití dešťové vody v domácnosti**

Název anglicky

**Use of rainwater in the household**

---

## Cíle práce

Bakalářská práce si dává za cíl představit dešťové vody jako alternativu ekologického hospodaření s pitnou vodou v domácnostech a prostředí trvale udržitelného rozvoje. Literární rešerše, vycházející z odborných zdrojů a praxe, popíše možné způsoby nahrazení vody pitné vodou dešťovou. Nedílnou součástí literární rešerše budou informace týkající se dotčené problematiky od zachytávání dešťové vody, až po její čištění a akumulaci. Budou zmíněny legislativní požadavky na kvalitu dešťové vody pro její využití a možné dotační programy, které lze uplatnit. Ve vlastní práci budou představeny konkrétní příklady.

## Metodika

- 1) Literární rešerše v rozsahu uvedeném v cílech práce
- 2) Výsledné zhodnocení na základě získaných poznatků

**Doporučený rozsah práce**

40

**Klíčová slova**

hospodaření s dešťovou vodou, HDV, modrozelená infrastruktura

**Doporučené zdroje informací**

- ADENSAMOVÁ Š. et al., 2019. Využívání dešťové vody pro závlahy. Praha: VÚMOP. ISBN 978-80-87361-98-6.
- Bóse K. H., 1999: Dešťová voda pro dům a zahradu. HEL, Ostrava, 84 s. ISBN 80-86167-08-9.
- Herle, J., Neoral, A., 1990: Voda pro chaty a chalupy. SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 265 s. ISBN 80-03-00351-2.
- HLAVÍNEK P., PRAX P, KUBÍK J. Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 978-80-86020-55-6.
- Hrkal, Z., 2018: Voda: včera, dnes a zítra. Mladá fronta, Praha, 216 s. ISBN 9788020449894.
- Pivokonský, M., Vašatová, P., Načeradská J., Pivokonská L., 2020: Koagulace při úpravě vody. Academia, Praha, 324 s. ISBN 978-80-200-3116-7.
- Šálek J., 2012: Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod. Grada, Praha
- Vítek, J., Stránský, D., Kabelková, I., Bareš, V., Vítek, R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. 01/71 ZO ČSOP Koniklec, Praha, 128 s. ISBN 978-80-260-7815-9.

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 ZS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Jakub Burket

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 5. 12. 2022

**prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 12. 2022

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 25. 01. 2023

### **Prohlášení autora BP**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Využití dešťové vody v domácnosti, vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne

---

Gabriela Látalová

### **Poděkování**

Ráda bych poděkovala zejména mému vedoucímu práce, Ing. Jakubovi Burketovi, za profesionální přístup k vedení, jeho ochotu, čas, cenné rady a ustavičnou motivaci během psaní bakalářské práce. Mé poděkování patří také Ing. Ondřeji Samkovi ze společnosti Aquanix s. r. o., za vstřícnost a poskytnutí potřebných materiálů k praktické části práce.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce představuje ucelený přehled aplikovaných postupů v rámci tematiky hospodaření s dešťovými vodami v domácnosti. Rešeršní část práce popisuje význam a přínosy dešťových vod z hlediska vhodné alternativy užitkové vody v domácnostech, popisuje proces od zachytávání dešťové vody, k jejímu zadržení, čištění a likvidaci, a dále nabízí výčet platné legislativy, která se k problematice vztahuje. V práci jsou navíc specifikovány konkrétní činnosti, pro které je spotřeba dešťové vody vhodnou náhradou. Praktická část práce se zabývá skutečnými projekty rezidenčních objektů, hospodařícími se srážkovou vodou, podrobně popisuje instalovaný systém, hodnotí jeho efektivitu a výši ušetřeného množství pitné vody v souladu s ušetřenými finančními prostředky.

**Klíčová slova:** hospodaření s dešťovou vodou, HDV, modrozelená infrastruktura

## **Abstract**

The bachelor thesis presents a comprehensive summary of applied methods within the rainwater management in household issue. The research part of the thesis describes the importance and benefits of rainwater in terms of a suitable alternative to domestic utility water in households, describes the process from rainwater capture, to retention, treatment and disposal, and also offers an overview of current legislation relating to the issue. In addition, in the thesis there are also specified specific activities where a rainwater use is a suitable substitute. The practical part of the thesis deals with real residential projects managing the rainwater, describing the details of installed system, assessing its efficiency and the amount of potable water and money saved.

**Key words:** rainwater management, RWM, blue-green infrastructure

## Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Cíle práce.....	2
3.	Uvedení do problematiky.....	3
3.1	Význam pitné vody.....	3
3.1.1	Světová zásoba pitné vody.....	5
3.1.2	Rizika plýtvání s pitnou vodou .....	6
3.1.3	Úhrn srážek v České republice .....	6
4.	Spotřeba vody .....	7
4.1	Spotřeba a potřeba vody v domácnosti.....	7
4.2	Cena vody.....	8
4.3	Odpadní voda.....	8
5.	Způsoby využití dešťové vody .....	9
5.1	Rodinný dům .....	9
5.2	Bytový dům .....	11
5.3	Ostatní způsoby .....	13
5.4	Pražské stavby HDV.....	13
5.4.1	COPTH Českobrodská – Hrdlořezy .....	13
5.4.2	DOCK Libeň.....	14
5.4.3	VESI Hostivař .....	15
5.5	Technologie pro zachytávání dešťové vody .....	16
5.5.1	Retence vody.....	16
5.5.2	Akumulace vody.....	17
5.5.3	Vsakování .....	19
5.5.4	Zelené střechy .....	20
5.6	Čištění a úprava vody .....	22
5.6.1	Úprava pitné vody.....	22
5.6.2	Čištění odpadních vod.....	23
5.6.3	Čištění dešťové vody .....	24
6.	Legislativa.....	25
6.1	Hospodaření s vodou v zastavěných územích .....	25
6.2	Legislativní požadavky na kvalitu vody .....	26
6.2.1	Vodní zákon.....	26
6.2.2	Zákon o ochraně veřejného zdraví.....	27
6.2.3	Hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu .....	27
6.3	Dotační programy .....	28

6.3.1	Dotace dešťovka .....	28
6.3.2	Nová zelená úsporám.....	29
6.3.3	Úspora vody v podnicích .....	29
7.	Metodika .....	31
8.	Konkrétní příklady využití dešťové vody v domácnostech.....	31
8.1	Rodinný dům Všenory .....	31
8.2	Bytový dům Praha .....	33
9.	Výsledné zhodnocení .....	35
10.	Diskuse .....	37
11.	Závěr a přínos práce.....	39
12.	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	40
13.	Seznam obrázků .....	45
14.	Seznam tabulek.....	45
15.	Seznam příloh .....	46



## 1. Úvod

Voda pro lidstvo představuje zdroj, bez kterého by bylo každodenní fungování zcela vyloučeno. S odstupem času je na ni proto nahlíženo jako na drahocennou surovinu, s níž je třeba šetřit, na základě čehož jsou postupně vyvíjeny inovativní způsoby šetrného hospodaření s vodou. V současné době je za nejúčinnější možnost náhrady považována voda dešťová, která čítá mnoho příležitostí ve spojitosti s využíváním v běžných domácnostech (Andualet et al., 2020).

Celosvětový nedostatek vody představuje závažnou komplikaci, jež je způsobena hned několika okolnostmi, především nadměrnou spotřebou a znečištěním vody nebo klimatickými změnami. Je proto důležité vodní zdroje nepovažovat za samozřejmost, s nimiž je možné zbytečně plýtvat, a naopak se snažit nahradit pitnou vodu alternativními zdroji, v případech, kde není kvalita pitné vody vyžadována. Vhodnou volbou se proto nabízí voda dešťová, jež vyžaduje pouze drobné ošetření k bezpečnému použití (Zhang et al., 2009).

V současné době globální urbanizace je vyvíjen enormní nátlak na stávající zdroje pitné vody, který by po přistoupení k možným alternativám značně klesl. Srážkové vody ve velkých městech jsou limitovány procentuální rozlohou nepropustných ploch a nejvhodnějším způsobem jejich akumulace se proto nabízí býti střechy, odvádějící vodu do určených dešťových nádrží (Villarreal, Dixon, 2005).

Častou překážkou pro zavedení systému HDV v reálném prostředí bývá stanovisko, jež považuje srážkové vody za obtíž, kterou je třeba bezpodmínečně odstranit, nejčastěji odvodem do kanalizace. Pro uplatnění z hlediska udržitelného hospodaření je ovšem její potenciál ideální, protože infiltrační kapacita propustných půd není nevyčerpatelná a během dlouhodobých přívalových dešťů nejsou schopny kompletní množství vody pojmout (Adensamová et al., 2019).

## 2. Cíle práce

Bakalářská práce si dává za cíl představit dešťové vody jako alternativu ekologického hospodaření s pitnou vodou v domácnostech a prostředku trvale udržitelného rozvoje. Literární rešerše, vycházející z odborných zdrojů a praxe, popíše možné způsoby nahrazení vody pitné vodou dešťovou. Nedílnou součástí literární rešerše budou informace týkající se dotčené problematiky od zachytávání dešťové vody, až po její čištění a akumulaci. Budou zmíněny legislativní požadavky na kvalitu dešťové vody pro její využití a možné dotační programy, které lze uplatnit. Ve vlastní práci budou představeny konkrétní příklady.

### 3. Uvedení do problematiky

#### 3.1 Význam pitné vody

Pitná voda představuje jeden z neodmyslitelných zdrojů pro funkční organismus. Jedná se o důležitou složku biologických potřeb, která zajišťuje potřebnou hydrataci a zároveň přispívá k doplnění minerálních látek, především vápníku a hořčíku (NZIP, 2022).

Je nezbytná nejen pro život, ale také pro sociálně ekonomický rozvoj světa. Možnost užívat čistou a cenově přijatelnou pitnou vodu patří mezi jedno ze základních lidských práv (Aladenola, Adeboye, 2010).

Obecně je vodu možné definovat, jako substanci, jenž je složena ze dvou prvků, vodíku a kyslíku, obsahující dlouhou škálu látek, které přesněji určují její chemické a fyzikální vlastnosti. Četnost a struktura těchto látek je dále odvíjena od klimatických podmínek, míry environmentálního znečištění a mnoha dalších faktorů v místě jednotlivých vodních zdrojů. Složení v případě podzemních vod je dále ovlivněno horninami, se kterými přijdou při cestě na povrch do styku. Vlastnosti vody se od sebe velmi často liší nejen v případě více vodních zdrojů, ale také se mohou měnit v průběhu let, v rámci jednoho zdroje. Mezi fyzikální vlastnosti vody patří zejména hustota, viskozita, elektrická vodivost a mnoho dalších (Pivokonský et al., 2020).

Významnými chemickými vlastnostmi vody jsou polární charakter, jenž souvisí s tvorbou tzv. vodíkových vazeb, při které dochází ke slučování molekul vody do početnějších komplexů. Od zmíněných vlastností je odvíjena maximální hustota vody, která nastává v momentě, kdy teplota vody dosáhne 3,98 °C. Jedná se o anomálii, v jejímž důsledku nedochází ve vodních nádržích ke kompletnímu promrznutí a předchází tak úhynu vodních organismů. S hustotou vody je úzce spjata její erozní činnost, která je zapříčiněna zvětšováním objemu při tuhnutí, přibližně o 9 % (Pitter, 2015).

Na rozdíl od pitné vody, je dešťová voda, kvůli svému složení, nevhodná ke konzumaci člověkem. V průběhu cesty na zem jsou jednotlivé kapky vystaveny vnějším vlivům, a to zejména znečištěnému ovzduší. Nejen, že jsou v kapkách rozpuštěny složky vzduchu, ale zároveň jsou na ně v atmosféře nabalovány bakterie,

různé plyny a částičky prachu. Kontaminace dešťové vody je proto daleko vyšší ve městech a průmyslových zónách než v přírodních regionech (Herle, Neoral, 1990).

Je zaručeno, že elementární složení dešťové vody, akumulované ze střešních krytin v různých lokalitách bude odlišné. Důvodem je rozmanitost jednotlivých regionů, jež mají své specifické znečišťovatele, které území a výslednou koncentraci jednotlivých látek ovlivňují (Morrow et al., 2010).

Vyšší míra znečištění vod v metropolitních oblastech byla potvrzena během výzkumu složení srážkové vody, v roce 2009, kdy byla zjištěna přítomnost několika toxických kovů. Konkrétně se jednalo o arsen, kadmium, chrom, mangan a olovo, přičemž vysoká koncentrace olova a kadmia souvisí se znečištěním ovzduší automobilovou dopravou (Visockis et al., 2010).

Emise, které se do ovzduší dostávají zejména spalováním paliv, obsahují vysoké množství síranů a dusičnanů, které podněcují tzv. okyselení prostředí. Při okyselení dochází k reakci s hliníkem, obsaženým v půdě, jenž toxicky působí na kořeny stromů, což způsobuje škody nejen z hlediska financí, ale zejména pro životní prostředí. Srážky lze považovat za kyselé ve chvíli, kdy pH vzorku klesne pod orientační hodnotu 5,0 ovšem hodnota není konstantní, je nutné brát v úvahu skutečnost, že kyselost závisí na celkovém složení dešťové vody. V České republice znamenaly kyselé srážky největší komplikace v 60. a 70. letech 20. století, z důvodu vytápění domácností uhlím s vysokým obsahem síry (Pitter, 2015).

Za jedny z nejzávažnějších látek znečištění povrchových a podzemních vod jsou považovány pesticidy, využívané zejména na zemědělských plochách, s úmyslem předcházet vnějším škodám na úrodě. Látky, které jsou v praxi uvolňovány do povrchových i podzemních vod se následně stanou součástí hydrologického cyklu a v podobě deště se vrací zpět jako vody srážkové (Pivokonský et al., 2020).

Důležitou vlastností dešťových vod je tzv. měkkost vody, jenž udává přítomnost vápníku a hořčíku. Vzhledem k této skutečnosti nevznikají při jejím odpařování vápenaté usazeniny (Böse, 1999).

V praxi je měkkost vody ve všech ohledech výhodou. V případě praní není vyžadována tak vysoká spotřeba pracího prášku, čímž je značně sníženo riziko problémů s potrubím kvůli inkrustaci. Nízký obsah manganu a železa dále značí

nepravděpodobnost výskytu žlutých skvrn na povrchu umyvadel a van a zároveň nedochází k množení tzv. železitých bakterií (*Iron Bacteria*) v potrubí (Šálek, 2012).

Prvky vápník a hořčík, obsažené v libovolném množství ve vodě jsou ze zdravotního hlediska nezávadné, jejich výskyt ve vodě, určené ke konzumaci, je navíc doporučen. Vápník je důležitou složkou lidského organismu, podporující zejména stavbu kostí a srážlivost krve. Nedostatek hořčíku úzce souvisí se vznikem cévních a svalových křečí a srdečních arytmií. Vliv prvků na sobě není závislý, právě naopak ve většině případů záleží pouze na koncentraci jednoho z prvků. Například tvorba inkrustací v potrubí je zapříčiněna především zvýšeným obsahem vápníku, jehož vlastností je nízká míra rozpustnosti a od vyšší koncentrace hořčíku je odvíjena nepříznivá chuť vody. Rozpustnost prvků může způsobit vážné komplikace ve vodovodním potrubí, zejména zmíněný vápník, jehož tuhé nánosy jsou schopny potrubí zcela ucpat (Pitter, 2015).

### 3.1.1 Světová zásoba pitné vody

Množství vody na Zemi se nemění, problém, který v souvislosti nedostatkem vody nastává, je čím dál vyšší počet obyvatel a jejich každodenních potřeb, které s technickým pokrokem, neustále rostou. Ačkoli povrch Země je ze 70 % pokrytý vodou, většinu vodních zdrojů není možné dále využívat. Je tomu tak z důvodu, že z velké části svým množstvím převažuje slaná voda v mořích a oceánech, jenž není vhodná ke konzumaci ani jiným účelům. Další důvod souvisí s klimatickými změnami, kvůli nimž se voda vyskytuje v pevném nebo plynném skupenství. Pouhá 2.5 % vodního povrchu Země tvoří voda pitná, z níž je ještě velká část uchována v ledovcích a polárních oblastech, tudíž ani její výskyt nelze zcela využít (National Geographic, 2010).

Celkové množství vody na Zemi se pohybuje kolem 1 390 000 000 km<sup>3</sup>, z čehož 24 064 000 km<sup>3</sup> je obsaženo v ledovcích a jiných zmrzlých útvarech, 23 400 000 km<sup>3</sup> v podpovrchových vodách, 176,4 km<sup>3</sup> v jezerech, 12,9 km<sup>3</sup> a zbytek v atmosféře, řekách, mokřadech, rašeliništích a ostatních vodních zdrojích. Pitnou vodu, využívanou pro potřeby veškeré populace na Zemi, tvoří pouhých 91 km<sup>3</sup> (USGS, 2013).

### 3.1.2 Rizika plýtvání s pitnou vodou

V roce 2015 bylo členskými státy OSN přijato 17 cílů udržitelného rozvoje, tzv. Sustainable Development Goals, které si dávají do roku 2030 za cíl vyřešit 17 světových problémů, týkající se života na Zemi. Jedním z problémů, konkrétně bod č. 6, představuje hospodaření s pitnou vodou a kanalizací. Důvodů ke změně představuje hned několik. Rychlý populační růst, urbanizace, rostoucí podíl průmyslu, zemědělství a energetiky mají výrazný dopad na zvyšující se spotřebu pitné vody na Zemi a také znečištění současných, celosvětových, vodních zdrojů. Podíl celosvětového využívání bezpečně řízených služeb v souvislosti s pitnou vodou se v roce 2020 zvýšil na 74 %, což znamená, že téměř 2 miliardy lidí tyto služby nevyužívají, z nichž 1,2 miliardy (zejména obyvatelé nejméně rozvinutých zemí) základní úroveň služeb zcela postrádá. Současné předpoklady stanovují, že s ohledem na rychlost pokroku, do roku 2030 dosáhne svět pokrytí 81 %, což ovšem stále znamená, že 1,6 miliardy lidí zůstane bez dodávky pitné vody za bezpečně spravovaných podmínek (United Nations, 2022).

Několik předešlých dekad špatného hospodaření (nadměrné vytěžování a kontaminace zásob podzemních a sladkých vod) mělo enormní dopad na rozsáhlé vodní ekosystémy a tím i na lidské zdraví nebo ekonomickou činnost. Velký úbytek byl zaznamenán v případě světových mokřadů, které jsou jedním z nejdůležitějších vodních zdrojů, z důvodu své biologické rozmanitosti. Mokřady jsou svým charakterem vhodným místem pro život velkého množství organismů, díky čemuž se staly útočištěm pro 40 % světových rostlinných a živočišných druhů. Jejich znehodnocení navíc uvolňuje uložený uhlík, který přispívá nepříznivým klimatickým změnám (United Nations, 2022).

### 3.1.3 Úhrn srážek v České republice

V České republice převažují srážky ve formě deště, konkrétně podíl dešťových srážek dosahuje 80 % (zbytek je rozložen mezi sníh, mrholení, kroupy atd.). V chladnějších obdobích množství srážek klesá a mění formu z deště na sníh, zejména ve větších nadmořských výškách. S délkou, kterou je sníh schopen vydržet na povrchu, ovšem přichází problém se znečištěním, které následně může tající voda způsobit. Z celkových srážek v České republice se přibližně 30 % vypaří (Herle, Neoral, 1990).

Průměrný úhrn srážek v České republice za rok 2021 byl naměřen na 683 mm, což znamená pouhý milimetrový pokles v porovnání s průměrem v letech 1991-2020. Větší výkyvy hodnot byly zaznamenány v květnu, kdy průměrný úhrn srážek činil 99 mm a 41 % nárůst v porovnání s průměrem předešlých let, a srpnu, kdy úhrn činil 106 mm a 36 % nárůst. Naopak výrazně suššími měsíci se staly září s 23 mm srážek a 38 % v porovnání s normálem předchozích let a říjen s pouhými 19 mm srážek a 39 % normálu (ČHMÚ, 2022).

## 4. Spotřeba vody

### 4.1 Spotřeba a potřeba vody v domácnosti

Vedle termínu spotřeba vody existuje také tzv. potřeba vody, z nichž každá má trochu jiný význam z hlediska finálního využití. Spotřeba zahrnuje přímou konzumaci, nezbytnou pro bezchybný chod životních funkcí, tzn. příjem vody v potravinách a nápojích, zatímco potřeba pojímá vodu, určenou k upotřebení a její znečištěnou formu vzápětí vypouští do jednotné kanalizace, např. splachování WC, přičemž potřeba vody mnohonásobně převyšuje množství spotřeby vody (Herle, Neoral, 1990).

Průměrná potřeba pitné vody v domácnosti, v roce 1999, byla udána v množství 140 l na osobu za den, ovšem potřeba se pochopitelně liší v závislosti na individuálních jedincích. Znatelně nejvíce vody bylo spotřebováno na sprchování a splachování toalety, přičemž každá ze zmíněných činností činí bezmála 40 l na osobu. Mezi další značnou část denní potřeby se řadí voda určená k praní prádla, která zahrnuje přibližně 18 l. Poslední činnosti zahrnují umývání nádobí, úklid a zalévání zahrady, které v součtu dosahují až 25 l (Böse, 1999).

V roce 2022 byla průměrná potřeba vody stanovena na 111 l na osobu za den a v porovnání s rokem 1999 tedy značně klesla. Nejvyšší množství je vynaloženo k osobní hygieně, konkrétně 40 l na osobu. Následuje množství vody ke splachování WC, ve výši 26 l na osobu, dále praní a úklid, v součtu až 18 l na osobu a zbytek potřeby vody je rozdělen mezi závlahu zahrady, konzumaci a přípravu potravin (Pražské vodovody a kanalizace, 2023)

## 4.2 Cena vody

Cenu vody, odebírané z centrálního systému, pro domácí užívání tvoří dvě základní složky, tzv. vodné a stočné. Vodné představuje platbu za dodání a spotřebu pitné vody a stočné naopak platbu za odvod a čištění odpadní vody. Výsledná částka navíc podléhá DPH (ZAKRA, 2022).

Cena vody se napříč kraji České republiky podstatně liší, což je z největší části zapříčiněno rozhodnutím lokálního dodavatele. V Praze k roku 2022 činí cena vodného 55,88 Kč/m<sup>3</sup> a cena stočného 52,25 Kč/m<sup>3</sup>, dohromady 108,13 Kč/m<sup>3</sup>. Oproti předchozímu roku jde o nárůst 6,44 % a jedná se tak o 5. nejvyšší cenový růst od roku 2010. Ačkoli bylo roku 2020 v České republice sníženo DPH z původních 15 % na 10 %, paradoxně došlo ke zdražení vody, protože společnost Veolia, hlavní distributor pitné vody v Praze, cenu vody nesnížila (PRAVDA O VODĚ, 2022).

## 4.3 Odpadní voda

Spotřeba vody úzce souvisí s jejím znečištěním a následným odvodem kanalizační sítě do čistírny odpadních vod. V praxi jsou odpadní vody rozděleny do skupin, podle původu znečištění, na vody bílé, šedé, žluté a černé. Mezi skupinu bílých vod patří právě dešťová voda, jejíž úprava spočívá pouze ve filtraci hrubých nečistot. Do skupiny šedých vod je zahrnuta voda, která přišla do styku s jakýmkoli čistícím prostředkem, tudíž se jedná o vodu použitou k praní, sprchování, mytí rukou nebo nádobí. Vody žluté pochází ze separačního záchodu a vody černé z obyčejného splachovacího záchodu. Ze zmíněných typů je možné v domácnosti, kde není třeba přítomnosti pitné vody, opětovně využívat první dvě skupiny, tedy vody bílé a šedé (Permakultura, 2021).

Při řešení problému s odpadními vodami je v současnosti často prosazován termín ekologická sanitace, jejíž klíčovou myšlenkou je čištění vody v místě znečištění a vyvarování se přesunu na jiné místo. Vyčištěnou skupinu šedých vod je možné v domácnosti opakovaně užívat. Ve spoustě zemí je tento způsob, nakládání s odpadní vodou běžný, ovšem v České republice je zatím stále primárně užíván centrální způsob čištění vod (Šálek, 2012).



V souvislosti s čištěním odpadních vod je důležité zmínit pojem aerobní čištění. Jedná se o proces, při kterém jsou využívány aerobní bakterie, které za přítomnosti kyslíku zničí 99 % organických nečistot. Výsledkem procesu je čistá voda a tzv. aktivovaný kal, z něhož je uvolňován bioplyn a následně vzniká hnojivo (Hrkal, 2018).

Důvodem k plánu a výstavbě odpadních kanalizací byly především tyfové epidemie, související se špatným nakládáním s odpadními vodami. Ve většině případů byly odpadní vody vypouštěny do řek, které pro obyvatelstvo představovaly hlavní zdroj pitné vody a následná kontaminace zapříčinila hromadnou nákazu. První čistírna odpadních vod v Čechách byla vybudována mezi lety 1901–1906 v pražské Bubenči, podle předlohy britského stavebního inženýra Lindleyho, a svůj účel plnila až do roku 1967 (Hrkal, 2018).

Na běžné způsoby odvodnění se ovšem v současnosti nahlíží jako na dlouhodobě neudržitelné, z dvou hlavních důvodů. Prvním je rostoucí podíl zastavěného území, v důsledku urbanizace a druhým postupné změny klimatu, jenž se dopouští negativního působení na vodohospodářské objekty. Dlouhodobé klimatické výkyvy, přinášející střídání období sucha a intenzivních srážek, navíc postupem času snižují funkci systémů odvodnění (Vítek et al., 2015).

Na základě § 38 vodního zákona je zakázán bezprostřední odvod odpadních vod z místa znečištění (obytné stavby, ubytovací zařízení aj.) do podpovrchových vod, s výjimkou situací, kdy v dané lokalitě není možný, z hlediska proveditelnosti nebo ochrany krajinného rázu, odvod do povrchových vod. Výjimku nelze udělit bez důkladné kontroly vlivu odvodu odpadních vod na kvalitu podzemních vod a vyjádření odpovědné osoby. Celkové množství vypouštěné odpadní vody navíc podléhá limitu 15 m<sup>3</sup>/den.

## 5. Způsoby využití dešťové vody

### 5.1 Rodinný dům

Pro vlastníka pozemku představuje využívání dešťové vody spoustu benefitů, zejména z finančního hlediska. Odběr ani akumulace dešťové vody nejsou zpoplatněny, jediné náklady jsou vynaloženy na pořízení vhodné techniky a nádrže. Stavba rodinného domu nabízí jednu z možností využití dešťové vody hned na první pohled,

a to konkrétně závlahu zahrady, při které by měla být dešťová voda užívána v první řadě. Měkčnost vody je navíc velmi vhodná pro většinu druhů rostlin, protože v ní nejsou obsaženy soli a chlor (Permakultura, 2021).

V současnosti existuje nespočet typů nádrží pro akumulaci dešťové vody, ovšem nejvhodnějšími a nejhojněji používanými zůstávají betonové a plastové nádrže. Oba typy mají své silné a slabé stránky, které jsou patrné zejména při instalaci systému. Manipulace s plastovou cisternou je velmi jednoduchá, zatímco v případě betonové nádrže je potřeba využití jeřábu. Pokud jsou zásobníky umístěny pod zemským povrchem, u plastové nádrže vyvstává riziko propadnutí při vyšším zatížení, například při přejezdu automobilu. Betonová nádrž je vůči zatížení odolná. Pokud je v dané lokalitě vysoká hladina podzemní vody, je nutné zvolit vhodnou nádrž, navrženou tak, aby byla vůči vlivu a případnému vzednutí podzemní vody imunní. Žádná ze zmíněných nádrží navíc nijak negativně neovlivňuje kvalitu vody, pokud ale voda vykazuje známky kyselosti, betonová nádrž je kyselost schopna neutralizovat (Böse, 1999).

Nejstarším a nejspolehlivějším způsobem zalévání zahrady je manuální zalévání konví nebo hadicí. Tato technika je v České republice nejrozšířenější, protože může být praktikována i v případě, že vlastník pozemku nemá zabudované rozvody srážkových vod. Je vhodná zejména proto, že veškerá využitá voda dopadne na předem určené místo, tedy záhony nebo okrasné rostliny. Tím se liší od rozprašovačů, jejichž provoz sice nevyžaduje tolik času a fyzické aktivity, ale spotřebuje daleko větší množství vody na plochy, jež nepotřebují závlahu. Zalévat je dále možné pomocí podzemní závlahy, prosakovací hadice a spoustou dalších způsobů (Permakultura, 2021).

V případě, že se pozemek nachází v lokalitě bez připojení k jednotné stokové síti, je vhodným řešením instalace domácí čistírny odpadních vod (DČOV). Jedná se o zařízení, které je na základě vodního zákona klasifikováno jako vodní dílo a které umožňuje přečištění odpadních vod, viz kapitola 5.5.2. Přečištěné vody je možné vypouštět do povrchových vod, vsakem do podpovrchových vod nebo nadále využívat, např. k zálivce zahrady nebo splachování WC. Výhodou DČOV je zajisté její nenáročnost, na rozdíl od septiku totiž není nutné ji pravidelně vyvážet. K ohlášení DČOV je zapotřebí souhlasu obecného stavebního úřadu, vyjádření správce povodí

a písemný souhlas vlastníků sousedních pozemků. Objekt čistírny následně podléhá revizi, jež probíhá jednou za dva roky (ZAKRA, 2020).

## 5.2 Bytový dům

Bytové domy mají oproti rodinnému domu při využívání dešťové vody značnou nevýhodu, kterou je absence, již zmíněné zahrady. Jedná se především o obecní veřejný prostor. První komplikace může nastat ve chvíli, kdy je třeba nalézt vhodné místo pro nádrž. Výstavba je limitována pouze na prostory budovy a v dnešní době nejsou výjimkou stavby, bez vybudovaných sklepních prostor. V takovém případě je vyloučeno zabudování betonové cisterny, protože vyžaduje manipulaci pomocí těžké techniky. Nicméně využití dešťové vody v jednotlivých domácnostech se nijak neliší od hospodaření s vodou v rodinném domě (Böse, 1999).

Aby v současné době enormní urbanizace nedocházelo ke kompletnímu zastavění půdy, byl stanoven tzv. koeficient zastavěnosti pozemku, který vymezuje maximální procento plochy, na níž je možné stavět (součet všech staveb na pozemku). Podrobně koeficient popisuje stavební zákon a prováděcí vyhlášky, jež se k němu vztahují, ale konkrétní výši stanovují územní plány jednotlivých obcí. Je nezbytné, aby pozemek po stavbě splňoval podmínku, udávající plochu schopnou vsakovat srážkové vody na 50 % (ESTAV.cz, 2023).

Jednou z potenciálních variant využití srážkové vody, je praní v automatické pračce. Ideální alternativou je zejména v lokalitách se zdrojem velmi tvrdé vody, protože svou měkkostí snižuje riziko výskytu vodního kamene v pračce a není tak nutné aplikovat tzv. změkčovače vody nebo filtry (Permakultura, 2021). Na základě rozborů byly také vyloučeny škody na prádle způsobené zárodky a mikroorganismy, které byly částečně nebo úplně zahubeny teplotou praní (Böse, 1999).

Množství vody na jedno vyprání se pohybuje mezi 30–90 l, což je bezpochyby vysoká jednorázová spotřeba. Snížené množství pracích prostředků v případě praní v dešťové vodě navíc snižuje znečištění čistíren odpadních vod, dopad na životní prostředí a zbytky pracích prostředků na textilu, jež mohou působit negativní reakce alergikům.

Pro vodu určenou k praní není vyžadována kvalita pitné vody, musí ovšem splňovat standardy vod ke koupání (Struk-Sokołowska et al, 2020).

Stejně jako v případě rodinného domu je výměna vodního zdroje pro splachování toalety naprosto ideální. Voda za běžné situace nepřijde do styku s uživatelem, a není proto nutné brát na zřetel její složení a vlastnosti. Jediné spláchnutí toalety vyjde na 3–6 litrů a pokud by tuto úlohu zastávala srážková voda, jednalo by se o podstatnou volbu při šetření s pitnou vodou (Anand, Apul, 2011).

Nižší požadavky na kvalitu vody jsou kladeny i na vodu určenou ke sprchování a povrchovému úklidu. Uživatel je vodě vystaven pouze zevně a v takovém případě voda nepředstavuje žádné riziko (Böse, 1999).

Systém hospodaření se srážkovými vodami už v některých státech po celém světě běžně funguje delší dobu, jedním z takových příkladů je tzv. The Ringdansen project (Obr. 1). Jedná se dva obytné komplexy budov, obklopené ze všech stran zelení, nacházející se v severovýchodní části města Norrköping ve Švédsku, jejichž potenciál je skutečně unikátní. Budovy jsou soustředěny do tvaru dvou kružnic: vnější, větší kružnice (o ploše střechy 16 300 m<sup>2</sup>) a vepsané, vnitřní kružnice (o ploše střechy 11 300 m<sup>2</sup>). Stavba probíhala v 70. letech 20. století, za účelem vybudování ekologického a udržitelného bydlení velkého počtu osob (1 100 dostupných bytových jednotek). Mimo opatření pro úsporu energií je v budovách vybudován systém HDV, určený primárně ke splachování WC, praní prádla, zavlažování a mytí osobních automobilů. V areálu byly instalovány podzemní akumulční nádrže různých velikostí, nejčastěji se jejich velikost pohybovala okolo 20–90 m<sup>3</sup> (Villarreal, Dixon, 2005).



Obrázek 1: Project Ringdansen (Villarreal, Dixon, 2005)

### 5.3 Ostatní způsoby

Využívání srážkových vod se jeví jako vhodná alternativa také pro zařízení cestovního ruchu poskytující ubytování, což potvrdil výzkum v košickém hotelu z roku 2022. Princip výzkumu spočíval ve výpočtu spotřeby vody hotelových hostů a zaměstnanců v době pobytu, z hlediska splachování WC, praní v prádelně a úklidu interiéru a následném zhodnocení nákladů pro zavedení vhodného systému HDV. Obsazenost hotelu je proměnlivá, tudíž počítá s průměrnou hodnotou 110 hostů/den tzn. 40 150 hostů/rok, jejichž celková předpokládaná spotřeba činí 628 001 l/rok. Při ploše střechy 534,6 m<sup>2</sup> a ročním srážkovém úhrnu v Košicích 624 mm bylo prokázáno, že akumulované množství srážkové vody by mohlo nahradit 60 % předpokládané spotřeby, tzn. nutnost čerpání cca 254 m<sup>3</sup> od stávajícího dodavatele pitné vody (Bednarova et al., 2023).

### 5.4 Pražské stavby HDV

V Praze je v současnosti již možné se setkat s nespočtem budov hospodařících s dešťovou vodou, ovšem tři následující projekty se pro účely bakalářské práce zdály být nejvhodnějšími variantami, pro jejich jedinečnost a dlouhodobý potenciál efektivity. Cílem jejich představení byl především náhled do reálného prostředí, v němž je hospodaření se srážkovými vodami běžnou záležitostí a zároveň důkazem, že systém může spolehlivě fungovat. Projekty jsou perfektními příklady pro způsob šetrného stavebnictví.

#### 5.4.1 COPTH Českobrodská – Hrdlořezy

Držitelem ocenění Stavba roku 2022 je, mimo jiné, střední škola COPTH Českobrodská (Obr. 2), jenž sídlí v pražských Hrdlořezích. Generálním dodavatelem projektu je společnost Subterra a.s. a účel rekonstrukce budovy spočíval v celkové nezávislosti školy a šetrnosti k životnímu prostředí. Z těchto důvodů byly z vnější části vybudovány zelené střechy a instalovány solární panely (v dřevěné fasádě i na střeše) a v neposlední řadě technologie k zachytávání srážkových a šedých vod k pozdějšímu využití. Venkovní plochy, vyhrazené k pohybu jsou zastavěny

propustnou dlažbou, takže navíc podporují přirozenou infiltraci srážek do povrchu (SUBTERRA, 2023).

V budově školy se s vodami hospodaří dvěma způsoby. Srážková voda je odváděna do akumulární nádrže a později využívána k zálivce vegetace na pozemku, zatímco k ke splachování WC jsou využívány přečištěné šedé vody ze sprch a umyvadel v budově. Spotřeba pitné vody tak průměrně klesne o 19 %. Pokud by nastala situace, kdy v nádrži nebude dostatek vody, bude doplněna ze studny (TZB-info, 2022).



Obrázek 2: COPTH Českobrodská (SUBTERRA, 2023)

#### 5.4.2 DOCK Libeň

Realitní projekt DOCK (Obr. 3 a 4), developerské společnosti Crestyl real estate, s. r. o. představuje moderní čtvrť na Praze 8, jehož prioritou bylo vytvořit trvale udržitelný komplex, zahrnující prostory k bydlení, rekreaci i komerčním účelům, s důrazem na šetrnost k životnímu prostředí. Výměra parků a volnočasových ploch činí 3 000 m<sup>2</sup> (DOCK, 2021).

Projektu byla udělena certifikace LEED, jejímž smyslem je hodnotit vliv objektů na své okolí, v oblasti ekologie. Budovy s touto certifikací zaručují nižší ekonomické náklady, snížené emise uhlíku a zdravotně nezávadné prostředí pro obyvatelstvo. Mezi hodnocené body patří např: lokalita projektu, materiály, využití při vybudování komplexu, zdroj energie nebo hospodaření s šedými a dešťovými vodami (USGBC, 2022).



*Obrázek 3 a 4: DOCK Libeň (Crestyl, 2021)*

### 5.4.3 VESI Hostivař

Rezidenční čtvrť VESI Hostivař na Praze 15 (Obr. 5), je projekt společnosti YIT stavos. r. o., jenž zohledňuje šetrnost k životnímu prostředí několika různými způsoby. Jedná se o komplex deseti budov o celkovém počtu 208 bytových jednotek od 25 m<sup>2</sup> do 104 m<sup>2</sup>. Lokalita pro výstavbu rezidence se nachází nedaleko hostivařské Přehrady, obklopena ze všech stran lesy a představuje ideální prostory pro výstavbu projektu. Nevyužitá plocha areálu k bydlení bude pokryta všudypřítomnou zelení parku, jejíž závlahu zajistí akumulace dešťové vody v nádržích. V rámci úspory energie bude dále instalována fotovoltaická elektrárna, díky níž se komplex stane energeticky nezávislý (YIT, 2023).



*Obrázek 5: VESI Hostivař (YIT, 2023)*

## 5.5 Technologie pro zachytávání dešťové vody

Na rozdíl od přirozené krajiny mají rozsáhlé zastavěné oblasti výrazně vyšší procento povrchového odtoku, protože přirozenému vsakování brání zmíněné zastavěné a zpevněné plochy. Proto se postupem času přistoupilo k opatřením, jejichž účelem je zpomalení odtoku z těchto ploch (tzn. rozložit odtok do delšího časového úseku) pro zabránění nebo snížení rizika povodňových událostí, v lepším případě využití dešťové vody v místě dopadu jejím zasáknutím přes propustné povrchy nebo objekty HDV. Voda je následně úplně nebo dočasně zadržena, s možností zpětného využití (Beran et al., 2020).

Množství srážkových vod mimo jiné závisí na typu povrchu, z něž jsou odváděny do jednotné kanalizace. Ke konkrétnímu výpočtu je proto zapotřebí jednotlivé typy zohlednit, k čemuž je využíván tzv. odtokový součinitel. Jedná se o hodnoty propustnosti jednotlivých typů povrchů, jež jsou navíc rozděleny podle spádu. Nejnižší hodnoty koeficientu platí pro propustné plochy, konkrétně 0,2 při spádu  $<1\%$ , 0,25 při spádu  $1-5\%$  a 0,3 při spádu  $>5\%$ . Nejvyšších hodnot naopak nabývá koeficient pro střechy, tzn. 0,9 ve všech případech (TZB-info, 2023).

### 5.5.1 Retence vody

Pro dočasné zadržení srážkové vody jsou instalovány tzv. retenční nádrže. Mohou být podzemní i povrchové, přičemž na povrchu svou podobou, připomíná vodní plochu a pod povrchem běžnou dešťovou nádrž. V obou typech je voda zadržována před jejím regulovaným vypuštěním do vodního toku nebo kanalizace (Beran et al., 2020).

Podle § 5 vodního zákona připadá ke stavbě budovy povinnost zajištění odvodu srážkového odtoku, bez níž je vyloučeno získat povolení ke stavbě. Kromě možnosti akumulace vody v nádrži je třeba likvidovat přebytečný odtok způsobem výparu nebo vsakováním přímo na pozemku a pokud není žádná ze zmíněných variant v dané lokalitě přijatelná nebo proveditelná, je možné odtok z pozemku řízeně odvádět do dešťové kanalizace, jednotné stokové sítě nebo stávajícího recipientu.

Aby bylo docíleno bezpečného odvodu dešťových vod z pozemku do recipientu nebo kanalizace, je třeba respektovat předem stanovený limit průtoku. Veškeré retenční



objekty jsou proto opatřeny tzv. bezpečnostním přelivem, jehož úlohou je regulace povrchového odtoku v přípustné hodnotě. Tento způsob může ovšem představovat značné omezení v lokalitách bez jednotné stokové sítě nebo přístupu k povrchové vodě (Vítek et al., 2015).

Kromě bezpečnostního přelivu je regulačním prvkem také tzv. vírový ventil, jímž je možné u retenčního objektu, např. betonových nádrží (Obr. 6) nastavit žádoucí množství odtoku (TNV 75 9011, 2013).

V případě kanalizace je nutno dbát na její nedostatečnou kapacitu, nezatěžovat vodní toky, do nichž se přebytečná voda dostává skrz odlehčovací objekty a nevypustit veškerou vodu hned, což samotná podstata retenčních nádrží neumožňuje. Průtokový limit pro Prahu je stanoven na 10 l/s na hektar pozemku (Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy, 2018).



Obrázek 6: Betonová prefabrikovaná retenční nádrž (ZAKRA, 2022)

### 5.5.2 Akumulace vody

Akumulační nádrže jsou na rozdíl od retenčních nádrží, určeny k dlouhodobému zadržování dešťové vody, s úmyslem ji v případě potřeby odebrat. Povrchové nádrže mohou být užívány k rekreaci nebo zemědělským účelům, u rodinných domů mohou plnit funkci estetickou, ve formě jezírka, z něhož je voda čerpána k závlahám vegetace a během období sucha jsou doplňovány přírodními zdroji, nejčastěji vodními toky. Naproti tomu podzemní nádrže jsou určeny především k internímu využití vody, tzn. nahrazení pitné vody v případech, kde není její přítomnost nezbytná (Beran et al., 2020).

Velikost podzemních akumulčních nádrží závisí na individuálních požadavcích odběratelů, ovšem ve všech případech je doporučen propočet průměrné spotřeby vody, který by pro jednu domácnost měl vystačit 2 až 3 týdny. Důvodů je hned několik, nejen že období sucha v České republice jen výjimečně přesahuje délku 3 týdnů, ale v případě dešťové vody není vhodná delší doba akumulace, protože s časem se zhoršuje její kvalita (Böse, 1999).

Pro výpočet ideální velikosti nádrže je nutné zohlednit dvě důležité hodnoty tj. velikost odvodňované plochy a úhrn srážek v daném regionu. K samotnému výpočtu je možné využít následující vzoreček:

$$L = \frac{OP \times U}{365} \times 21$$

kde:

*OP* je odvodňovaná plocha v m<sup>2</sup>

*U* je srážkový úhrn v mm/rok

Hodnota 21 představuje interval výměny vody v nádržích, s nímž se běžně počítá, je ovšem čistě orientační, v případě častější výměny vody je možné interval zkrátit a naopak. Pokud je tedy akumulována voda z nemovitosti, o velikosti odvodňované plochy 100 m<sup>2</sup>, jež se nachází v oblasti s ročním úhrnem 600 mm/rok, celkové množství zachycené vody se bude pohybovat kolem 3 452 l, pro níž je ideální velikost nádrže o objemu 4 000 l (Ramaco, 2021).

Časově omezené zadržení srážkových vod v akumulčních nádržích je regulováno zejména z důvodu, aby bylo zamezeno riziku tvorby mikroorganismů. Toho je možné docílit také vhodným umístěním nádrže, výhradně pod povrchem nebo v samotném objektu, aby nepřišla do přímého kontaktu se slunečním zářením. Nadbytečné množství je vzápětí možno, na základě možností v daném území, odvádět do dešťové kanalizace nebo vsakovacího zařízení (ČSN 75 6780, 2021).

### 5.5.3 Vsakování

Protože přirozené vsakování vody v zastavěných oblastech představuje velkou komplikaci, je vyvíjena snaha o aplikování spolehlivých způsobů, které by funkci vsakování podpořily. Proto i ve městech je důležitý výskyt parků a přírodních ploch, na jejichž povrch jsou srážkové vody následně ze střech a jiných povrchů svedeny. Betonové a asfaltové plochy pro pěší a dopravní komunikaci je také možné nahradit povrchy propustnými, např. propustnou dlažbou (Beran et al., 2020).

Aby se v České republice předcházelo nadměrnému zatěžování jednotné stokové sítě, je pro obytné i komerční subjekty stavebním úřadem regulováno množství vypouštění srážkových vod do jednotné kanalizace. Namísto odvodu je doporučována možnost vsakování přímo z pozemku. Přirozené vsakování má nespočet výhod, nejen z hlediska finančního, ale také bezpečnostního, protože při prudkém odtoku z větších zastavěných lokalit dochází po intenzivních srážkách k povodním. V neposlední řadě jsou vsakováním zvyšovány zásoby podpovrchových vod (TZB-info, 2015).

Pro účinné vsakování dešťových vod jsou v současnosti hojně využívány tzv. vsakovací bloky (Obr. 7). Jde o propustné, plastové objekty, umístěvané pod povrch, usnadňující proces vsakování. Nejčastěji se bloky nachází na pozemcích větších budov, jako jsou obchodní centra nebo průmyslové a sportovní areály, ale není vyloučena jejich přítomnost na zahradách rodinných domů nebo komunikacích. Bloky jsou navrženy tak, aby manipulace s nimi byla snadná a takřka každý byl schopen sestavit objekt vsakovacích bloků o libovolné velikosti. Objekty jsou spolehlivé a vysoce odolné vůči zatížení, při dlouhodobé zátěži je ovšem nutné respektovat doporučenou hloubku pro umístění systému (Gluc PBS s.r.o., 2023).

Je nutné, aby ke vsakovacímu bloku byly instalovány tzv. filtrační a sedimentační zařízení, jejichž úlohou je zachycení hrubých nečistot, z důvodu prevence proti postupnému zanesení a znehodnocení účinnosti objektu (TNV 75 9011, 2013).



Obrázek 7: Objekt ze vsakovacích bloků (TZB-info, 2021)

Pro snížení rizika nadměrného odtoku v zemědělských oblastech a zřídka i ve městech jsou budovány průlehy. Jde o mělké, povrchové kanály pokryté zelení, jejichž výhradním účelem je podpora infiltrace vody do půdy. Průlehy jsou nákladově přijatelné a ani jejich údržba není příliš složitá, je ovšem důležité pravidelně odstraňovat nečistoty z vpustí, výpustí i samotných průlehů a udržovat přijatelnou délku zeleně (Shammizi, Razali, 2018).

#### 5.5.4 Zelené střechy

V rámci moderních způsobů snížení povrchového odtoku je nutné zmínit tzv. zelené střechy (Obr. 8). Jedná se o ekologický systém zavedení vegetace na povrchu staveb, který kromě své estetické funkce představuje i vhodné řešení pro zadržení dešťových vod, zlepšení mikroklima a spouští dalších ekologických možností (Beran et al., 2020).

Vize zelených střech, propustných povrchů, podpory zasakování, aj. patří do souboru ekologických opatření, s názvem Modro-zelená infrastruktura, která mimo jiné představuje plán, jakým v budoucnu docílit lepších ekologických podmínek v zastavěných územích. Ve městech, vzhledem k hustotě staveb, hrozí v letním období podstatně vyšší riziko přehřívání budov, pro které jsou zelené střechy ideálním řešením (Permakultura, 2021).

Zelené střechy jsou pro efektivnější funkci rozděleny do několika vrstev, z nichž nejbliže k samotnému nepropustnému povrchu střešní krytiny je kořenová bariéra, následuje systém odvodnění, filtrace, vrstva pro zadržení vody, činitel růstu a vegetace. Účelem kořenové bariéry je předcházet riziku průniku kořenům rostlin ke střešní krytině, na jejímž povrchu by mohlo docházet k trhlinám, kvůli přítomnosti vody. O nadbytečné množství vody dbá systém odvodnění, jež vodu svádí ze střechy, vrstva filtrace zachytává jemné nečistoty z okolí, vrstva zadržení reguluje odtok. Pěstební vrstva slouží k dodání živin, pro biologické funkce rostlin a vrstva vegetace, mající mimo jiné estetickou funkci (Bianchini, Hewage, 2012).

Zelené střechy se dělí na tzv. intenzivní a extenzivní, z nichž obě fungují na stejném principu, ovšem s odlišným využitím. Extenzivní zelená střecha plní spíše estetickou funkci a nepůsobí na střechu tak velkou zátěží, tudíž je ideálním řešením pro většinu střech. Vrstva vegetace je výrazně nižší než v případě intenzivní střechy a zahrnuje odolné typy rostlin, pro něž je nízká půda dostačující. Intenzivní zelená střecha navíc podporuje funkci zadržování srážkových vod a doporučuje se pouze pro mohutnější konstrukce, které jsou schopny zátěž pojmout. Aby nedošlo k havárii, spojené s nadměrným přetížením, je pro realizaci obou typů zelených střech nutný statický posudek (ECOSSEDUM, 2023).

Kromě schopnosti spolehlivé infiltrace zelených střech byla během studie z roku 2014 zjištěna vysoká koncentrace různých látek, zejména dusíku a fosforu, ale také rtuti, jejíž přítomnost byla ovšem z hlediska zatížení odtoku, bezvýznamná (Malcolm et al, 2014).



Obrázek 8: Zelená střecha na panelovém domě (Adaptterra Awards, 2023)

## 5.6 Čištění a úprava vody

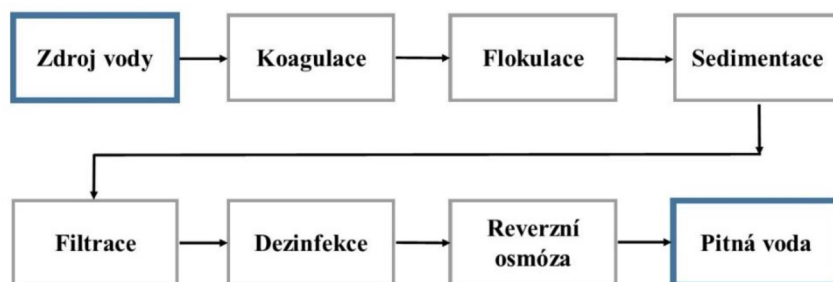
### 5.6.1 Úprava pitné vody

Úprava pitné vody primárně závisí na kvalitě vodního zdroje. Obecně jsou pro tyto účely čerpány podzemní a povrchové vody, přičemž výrazně větší důraz je kladen na úpravu povrchových vod, jejichž zdroje jsou náchylnější ke znečištění. Postup úpravy je rozdělen na několik chemických a mechanických procesů (Obr. 9), mezi které patří především koagulace, flokulace, sedimentace, filtrace a dezinfekce. Modernější úpravny navíc využívají pokročilejší technologie např. reverzní osmózu (CDC, 2022).

Reverzní osmóza funguje na principu membránové filtrace, při které je z vody odbouráno až 97 % rozpuštěných solí a upravená voda se čistotou podobá destilované vodě. Proces je vhodný zejména v případech, kdy je koncentrace solí vyšší než mezní hodnota. Voda je následně obohacována o minerální látky (Permakultura, 2021).

Úprava obvykle začíná fází koagulace, během které jsou do vody aplikovány chemikálie s kladným nábojem (hliník, železo, atd), za účelem neutralizace záporného náboje nežádoucích rozpuštěných částic ve vodě. Výsledkem jsou vazby nečistot s chemickými přísadami, vytvářející větší celky (CDC, 2022).

Při flokulaci jsou z vody oddělovány pevné částice, které vytváří vločky, držící pohromadě napětím ve vodě (Brittanica, 1998). Vločky následně podléhají procesu sedimentace, kdy se usazují na dně nádrže, protože mají větší hmotnost než voda. Následuje proces filtrace, jenž spočívá v zachytávání hrubších nečistot za pomoci filtrů s různou velikostí pórů, které odstraňují rozpuštěné částice prachu, chemikálií nebo bakterií. Filtry navíc mohou obsahovat aktivní uhlí, které eliminuje zápach. Poslední fáze spočívá v dezinfekci vody, kdy jsou zahubeny nejmenší organismy (viry a bakterie). Nejčastějšími dezinfekčními přípravky jsou chlor, chloramin a oxid chloričitý (CDC, 2022).



Obrázek 9: Proces úpravy vody (Látalová, 2022)

### 5.6.2 Čištění odpadních vod

S postupem času se také čistírny odpadních vod modernizují a využívají nejnovější technologie čištění, ovšem základní princip zůstává stejný. V první fázi jsou odstraňovány hrubé nečistoty, aby nedošlo k ucpání potrubí a poškození vybavení čistírny, např. čerpadel nebo ventilů. Dále je voda filtrována skrz komoru s pískem, odkud je odstraňována drť, jež písek zadrží. Ve třetí fázi dochází k separaci organických látek, které se v podobě tzv. aktivovaného kalu usazují na dně nádrže, ze které jsou následně čerpány do vyhnívací nádrže, kde probíhá jejich vysušení a likvidace. Zbytky kalu mohou být použity jako hnojivo. Další fází je provzdušňování vody (aerace), při které je dodáván vzduch do nádrže, aby došlo k přeměně amoniaku na dusičnany, která by zajistila kyslík pro růst bakterií. Po přeměně bakterie pohlcují molekuly kyslíku z  $\text{NO}_3$  a dusík je uvolňován v plynném skupenství ( $\text{N}_2$ ). Dále je voda důkladně dezinfikována, za účelem zánuby bakterií. Z finančního hlediska je nejčastěji využíván chlor, ale je možné použít také ozon nebo UV záření. V případě dezinfekce chlorem je nutné otestovat, zdali splňuje přijatelnou hladinu koncentrace ve vodě. Ke konci procesu jsou také testovány úrovně, určující kvalitu vody, tzn. pH, rozpuštěný kyslík, dusičnany, chlor atd. Pokud vyčištěná voda splňuje veškeré požadavky kvality, zbývá poslední fáze procesu, jež spočívá ve vypuštění vody do přírody (Cole-Parmer, 2022).

Nespočet vlastníků rodinných domů využívá biologický způsob čištění odpadních vod za pomoci zahradní, kořenové čistírny (KČOV). Jedná se o objekt, připomínající jezírko nebo mokřad, v němž jsou nečistoty likvidovány za přítomnosti anaerobních bakterií. Ačkoli je výstavba KČOV poměrně nákladnou záležitostí, nabízí na oplátku

nespočet výhod, např. šetrnost k životnímu prostředí, nepůsobí hluk ani zápach, k její funkci není zapotřebí elektřiny a nevyžaduje nákladnou údržbu. Nejvhodnějšími rostlinami pro funkci čistírny patří rákos obecný, jenž má vyšší odolnost vůči nestabilním hodnotám pH a BSK5 (biochemická spotřeba kyslíku), dále chřastice rákosovitá, která navíc dobře snáší mráz nebo orobinec širokolistý. KČOV je klasifikována jako stavba vodního díla, a proto je před její výstavbou nutné zažádat o povolení na vypouštění odpadních vod a stavební povolení na odboru životního prostředí stavebního úřadu (Počítáme s vodou, 2023).

### 5.6.3 Čištění dešťové vody

Pro úpravu dešťové vody není zapotřebí žádných složitých technologií, a to zejména z důvodu, že jejím primárním účelem není konzumace, a tudíž jsou na její kvalitu kladeny nižší požadavky než na vodu pitnou. Proces úpravy zahrnuje dvě důležité fáze, jimiž jsou filtrace a sedimentace. Před samotnou akumulací vody se těmito způsoby předchází vniknutí hrubých nečistot, jež by akumulární nádrž zanášely. Proces sedimentace se může odehrávat ve speciální usazovací nádrži nebo v samotné akumulární nádrži, ze které jsou nečistoty, usazené na dně, vzápětí odváděny do kanalizace. Filtrace probíhá za pomoci filtrů, jež mohou být interní (uvnitř nádrže) nebo externí (mimo nádrž). Konkrétním příkladem filtru je tzv. košíčkový filtr, jenž zajišťuje zachycení 100 % přefiltrované vody. Mohou být instalovány interně i externě a z finančního hlediska jde o méně nákladnou investici, vyžadují ovšem pravidelnou údržbu. Filtry mohou být dále nasazovány přímo na okapy, tzv. okapové filtry. Jedná se o externí, samočistící filtry, tudíž údržba není nutná. Efektivita zachycování nečistot ovšem není, v porovnání s košíčkovými filtry, tak komplexní a bez kombinace s filtrem jemných nečistot se mohou nežádoucí látky dostat do nádrže, na jejímž dně následně sedimentují (TZB-info, 2007).

Srážkové vody není nutné podrobovat náročným procesům úpravy, ale v lokalitách, ohrožených vyšším znečištěním dopravou nebo průmyslovou výrobou se riziko týká také povrchových vod a v takovém případě je možné čištění obohatit o dezinfekci. Pro interní užívání dešťových vod v budovách občanské vybavenosti je úprava dezinfekcí navrhována pokaždé (ČSN 75 6780, 2021).



## 6. Legislativa

### 6.1 Hospodaření s vodou v zastavěných územích

V současné době, kdy je značná část půdy zastavěna, pro dešťovou vodu činí daleko větší problém přirozené vsakování a významné chyby, které se společnost dopouští, je snaha o odvod vody z povrchu. Tento způsob má za následek narušení malého koloběhu vody a radikální klimatické odchylky (Permakultura, 2021).

V urbanizovaných oblastech mohou, kvůli výstavbě budov, silnic nebo parkovišť, nepropustné plochy dosahovat celkové rozlohy přes 70 %, v takovém případě podíl povrchového odtoku činí až 55 % a podíl podzemní infiltrace pouhých 15 %. V přirozené krajině nastává zcela opačná situace, kde povrchový odtok činí pouhých 10 % a infiltrace až 50 % (Vítek et al., 2015).

Akumulace a opětovné využívání srážkových vod proto představuje vhodné řešení problému s nadměrným odtokem v zastavěných oblastech, odkud je voda převážně odváděna kanalizací do lokální čistírny odpadních vod (Andualet et al., 2020).

Tématice hospodaření se srážkovými vodami se plně věnuje norma TNV 75 9011, jejíž podstatou je vhodný odvod dešťové vody z pozemku – tzv. decentrální způsob. Třemi způsoby odvodu jsou vsakování, odvod do povrchových vod a odvod do stokové sítě. Dále je hodnocena proveditelnost na určitém místě, v závislosti na rozloze a množství srážek, vzdálenosti k nejbližšímu zdroji povrchové vody a stokové sítě a několika dalších faktorů. V neposlední řadě je posuzováno, zdali způsoby odvodnění nejsou v rozporu s ochranou půdy a vodních zdrojů (TNV 75 9011, 2013).

Dešťovou vodu, která dopadne na soukromý pozemek, může vlastník akumulovat a užívat bez zábran, protože její množství není nijak regulováno. Zařízení pro odchyt vody smí, při dodržení náležitých norem, instalovat kdokoli, ovšem s rozvody pro pitnou vodu je z hygienických důvodů nutné se obrátit na kvalifikovaného instalatéra. Je třeba důkladně dbát na zákaz spojení obou rozvodů, a to i za předpokladu, že je nádrž na dešťovou vodu v případě potřeby doplněna vodou pitnou (Böse, 1999).

U nových budov se se zavedením zařízení pro srážkové vody, již ve všech případech, počítá a jeho realizace musí být zahrnuta ve schváleném stavebním projektu. Vlastník

starší nemovitosti nemusí při pozdější vestavbě žádat o povolení, ale má tzv. ohlašovací povinnost (Böse, 1999).

## 6.2 Legislativní požadavky na kvalitu vody

### 6.2.1 Vodní zákon

Základním pilířem pro obecné nakládání s podzemními a povrchovými vodami je zákon č. 254/2001 Sb. O vodách a o změně některých zákonů (dále jen Vodní zákon), jenž definuje způsoby, jak chránit vodní zdroje, posuzuje stav povrchových a podzemních vod, pověřuje odpovědné osoby za správu povodí, zpracovává plány povodí, povodňových rizik, postup při haváriích a v neposlední řadě určuje povinnosti vlastníků, jimiž pozemky procházejí vodní toky. Vodní zákon neklasifikuje samotnou srážkovou vodu jako odpadní, dokonce ukládá majiteli novostavby povinnost zajistit omezení odtoku akumulací k pozdějšímu využití vody na pozemku. V případě nedodržení této podmínky nesmí být povolena stavba. Za odpadní vodu nejsou považovány ani srážkové vody, odváděny z pozemních komunikací, pokud jsou následně upraveny vhodnými technickými opatřeními dle platné vyhlášky č. 294/2015 Sb. Kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích. Srážková voda se stává vodou odpadní teprve v momentě vtoku do jednotné kanalizace, ve které jsou odváděny černé a šedé vody ze zastavěného území.

Vodní zákon dále dbá na ochranu vodních zdrojů a z toho důvodu definuje tzv. ochranná pásma, citlivé a zranitelné oblasti. Úloha ochranných pásem spočívá v ochraně jímacího nebo odběrového zařízení zdroje pitné vody, z důvodu předcházení riziku ohrožení jakosti a zdravotní nezávadnosti vody. Pro vodárenské nádrže, určené zejména pro zásobování pitnou vodou je ochranné pásmo stanoveno pro celou hladinu nádrže, zatímco na ostatní nádrže vodárenského využití se vztahuje ochranné pásmo 100 m od odběrného zařízení. Pojem citlivé oblasti představuje vládním nařízením stanovená území, ve kterých se nachází zdroje s předpokladem pro využití vody k účelům konzumace, jejichž stav ovšem neodpovídá doporučené kvalitě a u nichž je z tohoto důvodu zákonem stanoven přísnější proces čištění odpadních vod. Povrchové a podzemní vody ve zranitelných oblastech jsou konkrétně vázány na koncentraci dusičnanů, která převyšuje hodnotu 50 mg/l nebo z důvodu zemědělské

činnosti dochází ke zhoršení stavu vody. V těchto oblastech jsou vládním nařízením definovány podmínky skladování a užívání hnojiv, realizace protierozních opatření a osevního postupu. Kvalitu vody v citlivých i zranitelných oblastech je nutné každé 4 roky preventivně kontrolovat.

### 6.2.2 Zákon o ochraně veřejného zdraví

Důležitým podkladem pro bezpečné nakládání s pitnou i užitkovou vodou je zákon č. 258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů (dále jen Zákon č. 258/2000 Sb.), jehož funkcí je obecné stanovení podmínek kvality vody ve veřejném prostranství, např. sauna, koupaliště, zohledňuje rizika v pracovním prostředí, nařizuje provozovatelům vodovodů povinnost zajištění kvality vody, která odpovídá stanoveným požadavkům a pověřuje příslušné orgány ochrany veřejného zdraví k posouzení a zvýšení frekvence kontrol. Provozovatelé pitné vody jsou dále zákonem zavázáni k vypracování tzv. provozního řádu, jenž musí splňovat určité náležitosti, mezi které patří informace o zdroji vody, použití chemických látek pro úpravu vody, technologii úpravy, záznam o pravidelných kontrolách a několik dalších údajů. Informace o veškerých zdrojích pitné vody s průměrnou spotřebou přes 1 000 m<sup>3</sup> denně nebo využívány více než 5 000 odběrateli jsou ministerstvem zdravotnictví každé dva měsíce povinně zasílány komisi Evropské unie a jednou za tři roky ministerstvo vypracovává zprávu o jakosti pitné vody veškerých vodních zdrojů.

### 6.2.3 Hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu

Konkrétní limity hygienických požadavků na pitnou a užitkovou vodu jsou stanoveny ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. Kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody (dále jen Vyhláška č. 252/2004 Sb.), jejímž účelem je předcházet zdravotním komplikacím, spojeným s užíváním a konzumací vody. Vyhláška zároveň určuje pravidelnost a míru kontroly vody za určitých okolností. Podmínky pro pitnou vodu jsou ze zdravotního hlediska přísnější, určují konkrétní, hraniční koncentraci fyzikálních a chemických látek v jednotce mikrogramů na litr (µg/l) vzorku a není tolerována přítomnost koliformních

bakterií nebo patogenů např. *Clostridium perfringens*. V případě zjištění, že byl množstevní limit pro určenou látku překročen, je nutné zkontrolovat zdroj vody a technologie, se kterými přišel vzorek do styku. Při zkoumání kvality užitkové vody je mimo jiné kladen důraz na teplotu, jejíž doporučená hodnota by po odtočení neměla klesnout pod 50 °C a přesáhnout 55 °C, aby bylo zabráněno množení bakterie *Legionella spp.* v rozvodech. Důležitým ukazatelem je dále pH, jehož doporučená hodnota se pohybuje mezi 6,0 – 9,5, přičemž požadavky pro vody s nižším pH jsou považovány za splněné v případě, že kyselost nepůsobí škodu na materiálu rozvodů. V rámci užitkové vody je dále rozlišován původ, tedy zda byla voda vyrobena z pitné vody nebo z jakéhokoli jiného zdroje, např. vody srážkové. V obou případech se mohou lišit mezní hodnoty i způsoby kontroly.

## 6.3 Dotační programy

### 6.3.1 Dotace dešťovka

Jedním z nejvýznamnějších projektů, týkajících se podpory vlastníků nemovitostí v České republice k ekologickému nakládání se srážkovými vodami, je projekt Národního programu životního prostředí, s názvem Dešťovka. Jedná se o program, jehož hlavním cílem je redukce odběru pitné vody k užitkovým účelům (Adensamová et al., 2019).

Program Dešťovka podporuje tři typy ekologického hospodaření s vodou. První zahrnuje akumulaci srážkové vody k zalévání zahrady, druhý typ akumuluje srážkové vody pro splachování WC a zalévání zahrady a poslední využívá přečištěné odpadní vody s možným využitím srážkové vody. Výše konkrétní finanční podpory je u zmíněných typů odlišná v závislosti na obtížnosti instalace rozvodů a technologií, ovšem vždy platí, že dotace činí maximálně 50 % z celkových výdajů. Zažádat o dotaci může jakákoli fyzická i právnická osoba, vlastníci pozemek na území České republiky, přičemž systém je možné zavést nejen do novostaveb, ale i stávajících budov (Dotace dešťovka, 2017).

Před podáním žádosti o dotaci je ovšem nutné uvědomit dodavatele pitné vody o změně stočného, aby nebyla využívaná dešťová voda považována za vodu odpadní

a tím zpoplatněna. Následně je neodkladná instalace dvou dalších vodoměrů, jejichž úlohou bude monitoring odtoku a přítoku srážkové vody, která byla využita jako užitková nebo pro účel zálivky (Permakultura, 2021).

### 6.3.2 Nová zelená úsporám

Dotace Státního fondu životního prostředí ČR, s názvem Nová zelená úsporám, zahrnuje komplex odvětví, souvisejících s ochranou životního prostředí v zastavěném území. Zohledňuje dvě možnosti hospodaření, bytové domy a rodinné domy, přičemž v obou případech program zahrnuje využívání dešťové vody, konkrétně pro účel vody užitkové nebo pro zálivku zahrady. Navíc podporuje opětovné využívání vod šedých v případě užitkové vody a kombinaci obou předchozích. O dotaci mohou zažádat vlastníci nebo stavebníci bytových i rodinných domů, fyzické i právnické osoby (Nová zelená úsporám, 2023).

Program si dává za cíl kompletní zlepšení stavu životního prostředí a snížení produkovaných emisí, zejména CO<sub>2</sub>. Využíváním energie z obnovitelných zdrojů podporuje ekonomickou situaci v ČR a zároveň klade důraz na sociální faktory, jimiž jsou především životní úroveň a kvalita bydlení obyvatel. Výše dotace se odvíjí od finanční náročnosti jednotlivých inovací, může ovšem dosáhnout až 50 % pořizovacích nákladů. Dříve byl hlavním finančním zdrojem programu evropský prodej emisních povolenek (European Union Allowance), později Národní plán obnovy a od roku 2022 Modernizační fond (SFŽP, 2023).

### 6.3.3 Úspora vody v podnicích

Druhý dotační program pochází z Národního plánu obnovy a finanční podporu přislíbujícím malým, středním a velkým podnikům na území České republiky, jež splňují předem stanovené podmínky ve výzvě programu. Hlavním cílem dotace je snížení spotřeby vody ve firmách jejím opětovným využíváním a snížení nákladů spojené s jejím odběrem z veřejných zdrojů. K těmto účelům je využívána voda dešťová, i užitková voda, která byla znečištěna během výrobního procesu. Dotaci je možné využít na speciální filtrační technologie, instalaci systému rozvodů, chlazení, posílení

záložních zdrojů, zřízení retenčních nádrží a mnoho dalších možností. Plánovaná výše dotace dosahuje až 40 % z celkových výdajů a je podniku vyplácena teprve po realizaci daného projektu. Pro vyplacení je majitel nucen doložit doklad o uskutečnění modernizace (Enovation, 2022).

## 7. Metodika

Pro účely bakalářské práce, bylo nejdříve zapotřebí vypracovat část práce ve formě literární rešerše, rozšířit si tak obzory v dané problematice a následně analyzovat efektivitu příkladů z praxe. Neodmyslitelnou součástí byla práce s českými i cizojazyčnými, odbornými zdroji a literaturou, normami, platnými zákony (např. vodní zákon) a vyhláškami, s úmyslem shrnutí současného přehledu v oblasti ekologického hospodaření s vodou v domácnostech. Pro potřeby práce bylo klíčové stanovení, ve kterých případech a za jakých podmínek bylo možné dešťovou vodu využívat a na základě porovnávání veškerých aspektů, ovlivňujících vlastnosti již zmíněných vod, byly vzápětí určeny vhodné činnosti, při nichž bylo možné funkci pitné vody nahradit. Pro praktickou část práce bylo třeba získat projektovou dokumentaci konkrétních objektů, zpracovanou podle platných norem TNV 75 9011 a ČSN 75 6780, od společnosti, jež se tematikou HDV zabývá (konkrétně Aquanix s. r. o.), podrobně je představit, vysvětlit na jakém principu je v jednotlivých budovách dešťová voda zachytávána a využívána a přiblížit tak jejich celkový potenciál.

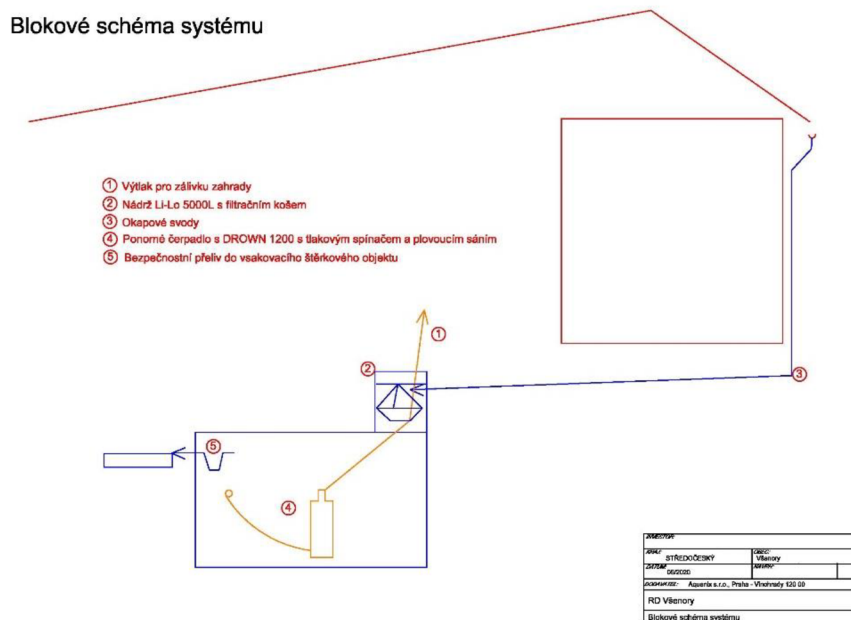
## 8. Konkrétní příklady využití dešťové vody v domácnostech

Pro vypracování praktické části práce byla získána projektová dokumentace rodinného a bytového domu od společnosti Aquanix s. r. o., jež se zabývá návrhem projektů obytných budov, hospodařících s dešťovou vodou. Na základě dohody s investorem, dodavatelem a vlastníky nemovitostí je nutné zachovat jejich anonymitu a bližší informace o jejich osobních údajích, včetně přesných adres objektů, nebudou specifikovány.

### 8.1 Rodinný dům Všenory

Návrh způsobu hospodaření s dešťovou vodou v rodinném domě byl realizován na již stávajícím objektu, určenému k trvalému bydlení (Příloha 1), za využití dotace Dešťovka. Konkrétně byla dotace čerpána ve výši 28 400 Kč, pro možnost akumulace vody za účelem zálivky zahrady. Na pozemku se nachází 119 m<sup>2</sup> odvodňovaných ploch, z nichž plocha samotné stavby rodinného domu zaujímá 84 m<sup>2</sup>, plocha garáže

24 m<sup>2</sup> a plocha přístřešku 11 m<sup>2</sup>. Sklony střech se u všech objektů liší, 46 m<sup>2</sup> hlavní stavby je pokryto pálenou krytinou o sklonu 38°, zbylých 38 m<sup>2</sup> zabírá plastová krytina o sklonu 3°, 24 m<sup>2</sup> garáže pokrývá zelená střecha o sklonu 3° a 11 m<sup>2</sup> přístřešku zabírá pálená krytina o sklonu 25° (Obr. 10).

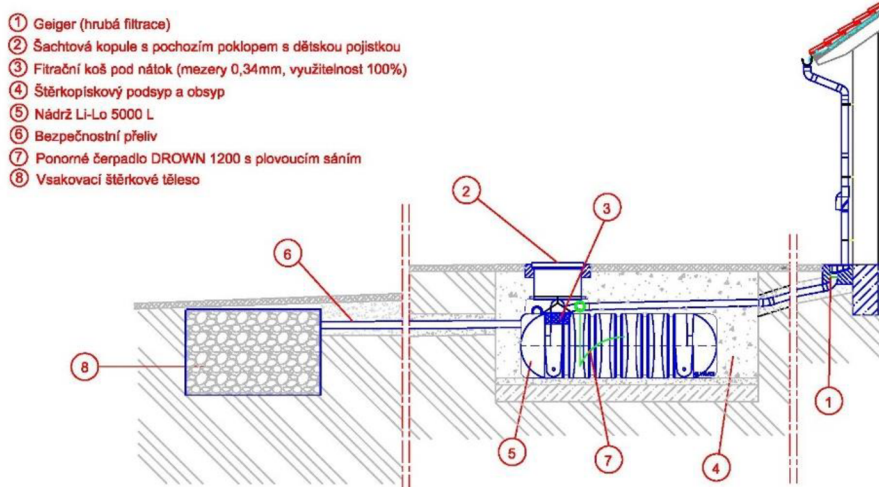


Obrázek 10: Blokové schéma systému (Aquanix s. r. o., 2022)

Při průměrném ročním srážkovém úhrnu 600 mm a koeficientu odtoku 1, dosahuje množství akumulované vody 71,4 m<sup>3</sup>, přičemž předpokládaná roční spotřeba vody činí pouhých 36 m<sup>3</sup>, jenž navíc znamená předpokládanou roční úsporu pitné vody. Na základě výpočtů a domluvy s investorem byla následně vybrána vhodná akumulací nádrž Li-Lo 5 000L, německé značky GRAF (Obr. 11). K její instalaci není potřeba zabezpečení betonem, monolitická nádrž byla umístěna pod zemský povrch, obsypána pískem a zahlazena původní zeminou. Z nádrže je navíc vyveden bezpečnostní přeliv, vedoucí do vsakovacího štěrkového tělesa. K filtraci vody jsou určeny tři tzv. geigery (lapače střešních splavenin) zajišťující filtraci hrubých nečistot, dále nylonový filtrační koš pod nátokem v nádrži pro filtraci drobných nečistot a v neposlední řadě sítko na plovoucím sání ponorného čerpadla Garten DROWN 1200. Veškeré množství akumulované vody je určeno pro zálivku zahrady a kvůli ideální velikosti nádrže nebylo třeba počítat s jiným způsobem likvidace přebytečné vody než běžným způsobem vsakování při procesu samotné zálivky.



## Vzorový řez nádrží



Obrázek 11: Vzorový řez nádrží RD (Aquanix s. r. o., 2022)

## 8.2 Bytový dům Praha

Projekt bytového domu představuje novostavbu o třech nadzemních podlažích, s šestnácti bytovými jednotkami, prostory pro ateliér a lékařskou ordinaci (Příloha 2). V celém objektu je navržen systém HDV pro splachování WC a zálivku zahrady obklopující budovu. Dotace Dešťovka ovšem v tomto případě nebyla čerpána, protože projekt byl navržen v době, kdy byl uzavřen příjem žádostí. V objektu byla nezbytná instalace odděleného rozvodu užitkové vody od rozvodu pitné vody.

Pro trvalé hospodaření se srážkovými vodami je předpokládán počet čtyřiceti rezidentů a sedmi zaměstnanců komerčních prostor, s jejichž průměrnou spotřebou vody bylo nakládáno při výběru vhodných nádrží. Pokryv hlavní stavby o ploše 470 m<sup>2</sup> (koeficient odtoku 0,55) je řešen tzv. zelenou střechou, zastavěná plocha parkovacího stání činí 360 m<sup>2</sup> (koeficient odtoku 0,3) a plocha zámkové dlažby zabírá 328 m<sup>2</sup> (koeficient odtoku 0,6).

Srážky budou odváděny sorpčními vpustěmi a liniovými žlaby, skrz celou řadu filtrů, konkrétně geigery s hrubou filtrací, dále filtrační šachtou Drainstar DN 400 s nylonovým košíkem, jejíž účinnost při kompletní filtraci dosahuje 100 %, filtrem F74CS PRIMUS PLUS, jež zachytává jemné mechanické nečistoty, pocházející ze zdroje vody, filtrem KolomakiRain s třístupňovou filtrací až PVC potrubím do dvou

akumulačních nádrží. Obě podzemní nádrže jsou stejného typu, jako v případě rodinného domu s rozdílem v kapacitě, tedy monolitické nádrže Li-Lo 15 000 L. Umístění nádrží je záměrně naplánováno v podzemních prostorech zahrady, aby k nim byl, v případě potřeby, snadný přístup. V každé nádrži jsou navíc umístěna dvě ponorná čerpadla E.SYBOX DIVER 55/120 s integrovaným frekvenčním měničem a tlakovou nádobou, vybavena o technologii, která umožňuje vzdálené, bezdrátové ovládání a monitoring čerpadel přes aplikaci na chytrém telefonu. Komunikace čerpadla skrz aplikaci probíhá za pomoci modulu D.CONNECT BOX2, zapojeného do stejného elektrického vedení, jako čerpadla.

Celková potřeba vody je v poměru ke kapacitě akumulčních nádrží výrazně vyšší, což bylo ovšem při návrhu projektu záměrem, aby se nádrže pravidelně vyprazdňovaly a poskytovaly dostatek prostoru pro nadcházející deště. Hladina vody je v obou nádržích sledována dvěma dvoupólovými sondami "N", 20m (SUB/MATIC), které v případě nedostatku dešťové vody v nádržích vyšlou signál automatické řídicí jednotce HYDRORAIN 2HP, která doplní potřebné množství pitné vody do nádrže.

Z důvodu výskytu nepropustné jílovité půdy na celé ploše parcely, jež by značně ztěžovala instalaci systému a podmínky pro růst vegetace, bylo nutné navrhnout odtěžení půdy o mocnosti 50 cm, jež bude nahrazena orníci. Pro závlivku zahrady je navržen automatický závlahový systém, jehož výkon je taktéž řízen dálkově. Celý systém je umístěn pod povrchem a pouze rozstřikovače jsou vysunuty v čase, který je nastaven pro závlivku. Před samotným zaléváním dešťová voda protéká skrz filtr F74CS PRIMUS PLUS – 5/4, jehož funkcí je zadržení mechanických nečistot v akumulčních nádržích. Pravidelný proplach filtrů a odstraňování nečistot dále zajišťuje automatická jednotka Z74S-AN.

Kromě hlavního vodoměru je v objektu nadále nutná instalace dvou tzv. podružných vodoměrů. První vodoměr měří stočné za srážkovou vodu, využitou při splachování WC, jež je následně odvedena do jednotné stokové sítě a druhý měří odečet pitné vody, která bude v případě nedostatku srážkové vody doplněna do akumulční nádrže. Kapacita nádrží zaručuje, že veškerá akumulovaná voda, kromě množství využitého pro splachování WC, bude využita k závlivce venkovní zahrady, v lokalitě totiž není dostupná dešťová kanalizace, do níž by mohlo být nadbytečné množství odváděno.

## 9. Výsledné zhodnocení

Na základě získaných informací lze jednoznačně říci, že v současném světě již není komplikací vnímat dešťovou vodu jako vhodnou alternativu šetrného hospodaření v domácnostech, právě naopak. Pitná voda je surovina, s níž se všeobecně plyná i v situacích, při kterých by mohla být zcela nahrazena vodou dešťovou, protože se od sebe koncentrací jednotlivých látek nijak zásadně neliší a ve většině případech ani nepřichází do přímého kontaktu s člověkem. Bylo potvrzeno, že pro účely užitkové vody jsou vlastnosti srážkových vod ideální a některé státy se k využívání jejich potenciálu již delší dobu otevřeně hlásí. S odstupem času se i v České republice apeluje na úsporné zacházení s vodou, ať už z hlediska podpory a možnosti čerpání dotací nebo změn v legislativě.

V práci byla nastíněna skutečnost, že zásoby vody jsou vyčerpateľné a procentuální množství dostupné, pitné vody je velmi malé, proto by její spotřeba měla být vyhrazena především ke konzumaci a veškeré ostatní činnosti, jež nevyžadují vlastnosti pitné vody, nahradit alternativními zdroji, tzn. přečištěná šedá voda a dešťová voda. Pro vnitrozemský stát, jakým je právě ČR, jsou vydatné dešťové srážky jedním z mála přirozených zdrojů vody a cennou látkou, jež kvůli charakteru urbanizovaných území z větší části končí, společně s odpadní vodou, v centrální kanalizaci.

Bylo potvrzeno, že i dešťová voda může být v různých ohledech prospěšnou a není proto vhodné ji považovat pouze za potíže, které je třeba se krátkou cestou zbavit. Klíčovou součástí celého procesu by proto měla být snaha o snížení povrchového odtoku a redukce množství vody v jednotné stokové síti, čehož lze docílit podporou přirozeného vsakování v zastavěném území, zejména redukcí nepropustných ploch nebo formou zelených střech, které bývají, především u starších bytových domů, často jedinou možností, protože nejsou výjimkou kompletně zastavěné plochy příjezdových cest a parkovacích míst. Novostavby již v současnosti podléhají povinnosti respektovat koeficient zastavěnosti daného územního plánu, jež přirozené vsakování do povrchu, podporuje. Přírodní plochy v urbanizovaném území neplní pouze estetickou funkci, ale navíc snižují průměrnou teplotu a zlepšují lokální biodiverzitu.

	Cena vodného (2022)	Ušetřeno WC 1 / rok	Ušetřeno zálivka 1 / rok	Ušetřeno celkem (Kč / rok)
Bytový dům	55,88	379 600	4 320	<b>21 453</b>
Rodinný dům		-	36 000	<b>2 012</b>

*Tabulka 1: Přehled úspor v objektech HDV (Látalová, 2023)*

Praktická část práce ukázala, že zavedení systému HDV je v rodinném i bytovém domě možná a z ekonomického hlediska i dlouhodobě výhodná, protože jedinou finanční zátěží jsou investiční náklady na pořízení a instalaci vhodných technologií. Akumulace srážkových vod v ČR není zpoplatněna, tudíž v případě zálivky zahrady se jedná o zcela bezplatnou záležitost, pokud je ovšem využívána k interním činnostem (sprchování, splachování WC, praní), podléhá poplatku za stočné. Vodu před použitím navíc není potřeba podrobovat zdlouhavým procesům úpravy, nejdůležitějším prvkem zůstává filtrace jemných a hrubých nečistot. Následná spotřeba vody může být ročně snížena až o několik tisíc litrů.

## 10. Diskuse

Permakultura (2021) zastává názor, že dešťovou vodu je ideální upřednostňovat pro účely závlahy zahrady a neplýtvat jí pro interní užívání, protože její složení je pro vegetaci daleko vhodnější než jakýkoli jiný vodní zdroj. S tímto stanoviskem souhlasím, je ovšem třeba počítat s tím, že v případě problematiky HDV v bytových domech je situace podstatně odlišná než v domech rodinných. Spousta bytových domů, obzvláště ve velkých městech, stále postrádá přírodní plochy a interní využívání srážkových vod se proto jeví jako spolehlivým řešením.

Laboratorní analýza několika vzorků dešťové vody v podání Böse (1999) odhalila, že střešní splaveniny (např. mech, listí nebo exkrementy drobných živočichů) sice ovlivňují kvalitu vody, jde ovšem o znečištění v tak malé míře, že voda dokonce hraničně splňuje limity pro kvalitu pitné vody. Konzumace akumulovaných srážkových vod se každopádně, zejména z důvodu možných zdravotních komplikací, nedoporučuje. Nehledě na skutečnost, že českou legislativou nejsou srážkové vody klasifikovány jako pitné.

Ghisi, Schondermark (2013) ve své studii uvádí, že z ekonomického hlediska systému HDV se nejvíce osvědčily budovy s vyšším počtem rezidentů, tzn. bytové domy, protože životaschopnost přímo závisí na poptávce po vodě. Naproti tomu je využívání systému v rodinných domech pouhým ekologickým přínosem, protože finanční návratnost je v podstatě bezvýznamná. V praktické části práce, byla tato skutečnost ale spolehlivě vyvrácena, při zmínce o průměrné roční úspoře vody v rodinném domě. Ať je výše úspory vody jakákoli, vždy se jedná o množství, které by bez zavedeného systému HDV, bylo nahrazeno vodou pitnou, tudíž by šlo nejen o zbytečné plýtvání, ale zároveň by byla spotřeba zpoplatněna.

Podle Vitek et al. (2015) je šetrné hospodaření s dešťovou vodou důležitou složkou pro budoucí vývoj státu, protože současný způsob hromadného odvodu srážkových vod do jednotné stokové sítě se ukazuje být dlouhodobě neproveditelný. Největší podíl na tomto problému má, dozajista rychle rostoucí urbanizace, a tím i podstatně větší množství odváděných odpadních vod, které ve spojení s povrchovým odtokem srážkových vod, čím dál více zatěžují kanalizaci a čistírny odpadních vod. Takový stav se zdá být poměrně nevyhovující, každopádně velká koncentrace obyvatel na jednom

místě znamená výstavbu sídlišť, která mohou, při kvalitním plánování, poskytnout dostatečné prostranství pro zakomponování přírodních ploch, vhodných pro vsakování nebo retenci dešťových vod a ulevit tak rostoucímu nátlaku na centrální kanalizaci.

## 11. Závěr a přínos práce

Veškeré předem stanovené cíle bakalářské práce byly naplněny a zároveň byl podrobně analyzován význam, který pro společnost dešťová voda, jako potenciální surovina šetrného rozvoje, představuje. Mimo praktické využití dešťové vody v interiéru byl také konkrétně popsán proces, jemuž HDV podléhá a celková spolehlivost systému v praxi. Důležitou součástí práce byl výčet jednotlivých projektů, potvrzujících kromě možné proveditelnosti také dlouhodobou prosperitu a další pozitivní dopady, spojené s ohleduplností k životnímu prostředí. V neposlední řadě byly v práci zmíněny legislativní složky, zabývající se nakládáním se srážkovými vodami, od vytyčených požadavků na samotnou kvalitu vody, až po způsoby její likvidace.

Přínos práce nepředstavuje nové, efektivní způsoby hospodaření s dešťovou vodou, nýbrž nabízí kompletní souhrn již zavedených a využívaných postupů, jež mají v současné době technického pokroku a celkově se zvyšujícího náklonu k ekologii, smysl. Poskytuje náhled do reálného prostředí, v němž je na HDV nahlíženo jako na běžný způsob nakládání se srážkovými vodami v budovách a možnost budoucího uplatnění ve všech rezidenčních projektech, jinými slovy přináší inspiraci pro vize udržitelného stavebnictví. Podpora šetrných technologií je v dnešním světě nejen výsledkem nátlaku společnosti, ale zároveň snahou ulevit, po finanční stránce, jak konečným spotřebitelům, tak projektantům. Práce bude dále podkladem detailní analýzy tématiky pro diplomovou práci navazujícího studia.

Praktická využitelnost poznatků práce je v širším měřítku přímo závislá na otevřenosti a důvěře společnosti k problematice HDV, jichž je možné dosáhnout postupným vzděláváním a osvětou v oboru. Příspěvkem ke komplexní srozumitelnosti by mohlo být např. pevnější ukotvení v legislativě, jenž by sloučilo veškeré poznatky v rámci HDV do jednotné technické normy nebo zákona. Jeden obsáhlý, souhrnný dokument by navíc mohl umožnit zpřísnění dosavadních podmínek, týkajících se především vhodného časového intervalu zadržení dešťové vody v akumulacích nádrží nebo přesnější definice limitů kvality vody.

## 12. Přehled literatury a použitých zdrojů

### **Odborné knihy a články:**

Adensamová Š., Schwarzová, P., Kuráž, V., Stránský, D., Šálek, J., 2019: Využívání dešťové vody pro závlahy. Praha. VÚMOP. ISBN 978-80-87361-98-6.

Aladenola, O.O., Adeboye, O.B., 2010: Assessing the Potential for Rainwater Harvesting. *Water Resources Management*, 24(10), 2129–2137.

Anand C., Apul D.S., 2011: Economic and environmental analysis of standard, high efficiency, rainwater flushed, and composting toilets. *Journal of Environmental Management*, 92(3). 419-428.

Andualem, T.G., Hagos, Y.G., Teka, A.H., 2020: Rainwater harvesting potential assessment for non-potable use in urban areas. *Sustainable Water Resources Management*, 6(6). 2363–5045.

Bednarova, L., Pavolova, H., Simkova Z., Bakalar, T., 2023: Economic Efficiency of Solar and Rainwater Systems-A Case Study, *Energies*, 16(1), 1-11.

Beran A., Datel J., Eckhardt P., et al, 2020. Město a voda. Praha. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka. ISBN 978-80-87402-82-5.

Bianchini, F., Hewage, K. How "green" are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment*. 2012, 48(7), 57-65.

Böse K. H., 1999: Dešťová voda pro dům a zahradu. HEL, Ostrava, 84 s. ISBN 80-86167-08-9.

Ghisi, E., Schondermark, P.N., 2013: Investment Feasibility Analysis of Rainwater Use in Residences, *Water Resources Management*, 27(7), 2555-2576.

Herle, J., Neoral, A., 1990: Voda pro chaty a chalupy. SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 265 s. ISBN 80-03-00351-2.

Hrkal, Z., 2018: Voda: včera, dnes a zítra. Mladá fronta, Praha, 216 s. ISBN 9788020449894.

Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy, 2018: Pražské stavební předpisy s aktualizovaným odůvodněním. IPR Praha, Praha, 216 s. ISBN 978-80-87931-88-2.

Malcolm, E. G., Reese, M. L., Schaus, M. H., Ozmon, I. M., Tran, L. M., 2014: Measurements of nutrients and mercury in green roof and gravel roof runoff. *Ecological engineering*. 73. 705-712.

Morrow A. C., Dunstan R. H., Coombes P. J., 2010: Elemental composition at different points of rainwater harvesting system. *Science of Total Environmental*. 408(20). 4542–4548.



- Permakultura (CS), 2021: Dešťovka: jak zadržovat dešťovou vodu a využívat ji na zahradě a v domácnosti. Permakultura (CS), Brno, 87 s. ISBN 978-80-907955-2-5.
- Pitter, P., 2015: Hydrochemie. 5. aktualizované a doplněné vydání. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 792 s. ISBN 978-80-7080-928-0.
- Pivokonský, M., Vašatová, P., Načeradská J., Pivokonská L., 2020: Koagulace při úpravě vody. Academia, Praha, 324 s. ISBN 978-80-200-3116-7.
- Shammizi, N.Q., Razali, S.F.M., 2018: The Effectiveness of Swale Drainage in Terms of Pollutant Removal and Rate of Infiltration, Jurnal Kejuruteraan, 1(5), 11-16.
- Struk-Sokołowska, J., et al., 2020: The Quality of Stored Rainwater for Washing Purposes. Water, 12(1), 2–17.
- Šálek J., 2012: Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod. Grada, Praha, 144 s. ISBN 978-80-247-3994-6.
- United Nations, 2022: The Sustainable Development Goals Report, USA. Department of Economic and Social Affairs, 68 s. ISBN: 978-92-1-101448-8.
- Vítek, J., Stránský, D., Kabelková, I., Bareš, V., Vítek, R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. 01/71 ZO ČSOP Koniklec, Praha, 128 s. ISBN 978-80-260-7815-9.
- Villarreal, E. L., Dixon, A. Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden. Building and Environment. 2005, 40(9), 1174-1184.
- Visockis, E., Deksnis, R., Teirumnieka, E. & Kobakhidze, M., 2010: Research of rain water using possibilities. In: Malinovska, L., Osadcuks, V. (eds.): 9th International Scientific Conference. Engineering for Rural Development, Jēgļava. 123–127.
- Zhang, Y., Chen, D.H., Chen, L., Ashbolt, S., 2009: Potential for rainwater use in high-rise buildings in Australian cities, Journal of environmental management, 91(1), 222-226.

### **Zákony a vyhlášky:**

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění.

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

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

## Technické normy

ČSN 75 6780: Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2021. 40 s.

TNV 75 9011: Hospodaření se srážkovými vodami. Sweco Hydroprojekt a.s., Praha, 2013. 65 s.

## Internetové zdroje:

Brittanica, ©1998: Flocculation (online) [cit. 14.12.2022], dostupné z: <<https://www.britannica.com/science/flocculation>>.

CDC, ©2022: Water treatment (online) [cit. 10.12.2022], dostupné z: <[https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water\\_treatment.html](https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water_treatment.html)>.

Cole-Parmer, ©2022: The Wastewater Treatment Process (online) [cit. 08.12.2022], dostupné z: <<https://www.coleparmer.com/tech-article/eight-stages-of-wastewater-treatment-process>>.

ČHMÚ, ©2022: Územní srážky v roce 2021 (online) [cit. 09.10.2022], dostupné z <<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>>.

DOCK, ©2021: Život u řeky (online) [cit. 21.11.2022], dostupné z <<https://www.dock.cz/o-nas>>.

Dotace Dešťovka, ©2017 Dotace pro vlastníky či stavebníky rodinných a bytových domů na využití srážkové a odpadní vody v domácnosti i na zahradě (online) [cit. 20.09.2022], dostupné z <<https://www.dotacedestovka.cz/>>.

ECOSSEDUM, ©2023: Jaký je rozdíl mezi extenzivní a intenzivní zelenou střechou? (online) [cit. 9.03.2023], dostupné z: <<https://www.ecosedum.cz/jaky-je-rozdil-mez-extenzivni-a-intenzivni-zelenou-strechou/>>.

Enovation, ©2022 Úspora vody v podnicích (online) [cit. 29.10.2022], dostupné z <<https://www.enovation.cz/eu-dotace/operacni-program/narodni-plan-obnovy/uspore-vody-v-podnicich-npo/>>.

ESTAV.cz, ©2023: Zastavěnost pozemku: Jakou rozlohu může mít rodinný dům a zpevněné plochy (online) [cit. 10.03.2023], dostupné z: <<https://www.estav.cz/cz/7058.zastavenost-pozemku-reguluje-jakou-rozlohu-muze-mit-rodinny-dum-i-zpevnene-plochy>>.

Gluc PBS s.r.o., ©2023: Systém pro vsakování dešťových vod (online) [cit. 08.03.2023], dostupné z: <<https://www.jimky-plast.cz/systemProVsakovaniDestovychVod.php>>.

National Geographic, ©2010: Clean Water Crisis Facts and Information (online) [cit. 16.11.2022], dostupné z <<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/freshwater-crisis>>.

Nová zelená úsporám, ©2023: Dotace pro bytové domy (online) [cit. 13.1.2023], dostupné z: <<https://novazelenausporam.cz/bytove-domy/>>.

NZIP, ©2022: Zdravotní rizika spojená s pitnou vodou (online) [cit. 12.09.2022], dostupné z <<https://www.nzip.cz>. ISSN 2695-0340>.

Počítáme s vodou, ©2023: Kořenová čistírna odpadních vod (online) [cit. 17.2.2023], dostupné z: <<https://www.pocitamesvodou.cz/korenova-cistirna-odpadnich-vod/>>.

PRAVDA O VODĚ, ©2022: Cena vody Praha 2022 (online) [cit. 16.09.2022], dostupné z <<https://pravdaovode.cz/cena-vody-praha/>>.

Pražské vodovody a kanalizace, ©2023: Pitná voda (online) [cit. 25.03.2023], dostupné z: <<https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/>>.

Ramaco, ©2021: Jak vypočítat potřebný objem nádrže na dešťovou vodu? (online) [cit. 17.2.2023], dostupné z: <<https://www.ramaco.cz/advisor/jak-vypocitat-potrebny-objem-nadrze-na-destovou-vodu>>.

SFŽP ČR, ©2023: Nová zelená úsporám (online) [cit. 7.03.2023], dostupné z: <<https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/nova-zelena-usporam/>>.

SUBTERRA, ©2023: Rekonstrukce COPTH Českobrodská v Praze (online) [cit. 7.2.2023], dostupné z: <<https://www.subterra.cz/reference/rekonstrukce-copth-ceskobrodaska-v-praze/>>.

TZB-info, ©2022: První energeticky a uhlíkově pozitivní školní budova v ČR slavnostně otevřena (online) [cit. 5.3.2023], dostupné z: <<https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/24301-prvni-energeticky-a-uhlikove-pozitivni-skolni-budova-v-cr-slavnostne-otevrena>>.

TZB-info, ©2015: Vsakování dešťových vod (online) [cit. 2.3.2023], dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/12262-vsakovani-destovych-vod>>.

TZB-info, ©2023: Výpočet množství dešťových (srážkových) odpadních vod Qr (online) [cit. 7.3.2023], dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/152-vypocet-mnozstvi-destovych-srazkovych-odpadnich-vod-qr>>.

TZB-info, ©2007: Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění (online) [cit. 14.2.2023], dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>>.

USGBC, ©2022: LEED rating system (online) [cit. 21.11.2022], dostupné z <<https://www.usgbc.org/leed>>.

USGS, ©2013: Where is Earth's water? (online) [cit. 19.11.2022], dostupné z <<https://web.archive.org/web/20131214091601/http://ga.water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>>.

YIT, ©2023: VESI Hostivař (online) [cit. 5.2.2023], dostupné z: <<https://www.yit.cz/prodej-bytu/praha/praha-15/vesi-hostivar?tab=apartments&sort=SalesPrice&order=asc>>.

ZAKRA, ©2020: Cena vody v roce 2022: Kolik platíte za vodu? (online) [cit. 16.09.2022], dostupné z <<https://zakra.cz/blog/cena-vody-v-roce-2022-kolik-platite-za-vodu/>>.

ZAKRA, ©2020: Domáci čistírna odpadních vod: od A do Z (2023) (online) [cit. 10.03.2023], dostupné z: <<https://zakra.cz/blog/co-je-domaci-cistirna-odpadnich-vod/>>.

## 13. Seznam obrázků

Obrázek 1: Project Ringdansen (Villarreal, Dixon, 2005)

Obrázek 2: COPTH Českobrodská - © Subterra a.s., 2023 (online) [cit. 4.3.2023], dostupné z: <<https://www.subterra.cz/reference/rekonstrukce-cophth-ceskobrodaska-v-praze/>>.

Obrázek 3: DOCK Libeň (Autor: Látalová, 24.7.2022)

Obrázek 4: DOCK Libeň - © Crestyl, 2021 (online) [cit. 4.3.2023], dostupné z: <<https://www.dock.cz/>>.

Obrázek 5: VESI Hostivař - © YIT, 2023 (online) [cit. 4.3.2023], dostupné z: <<https://www.yit.cz/prodej-bytu/praha/praha-15/vesi-hostivar?tab=apartments&sort=SalesPrice&order=asc>>.

Obrázek 6: Betonová prefabrikovaná retenční nádrž - © ZAKRA, 2022 (online) [cit. 28.3.2023], dostupné z: <<https://zakra.cz/blog/8-nejcastejsich-chyb-pri-vyberu-a-instalaci-retencni-nadrze/>>.

Obrázek 7: Objekt ze vsakovacích bloků - © TZB-info, 2021 (online) [cit. 28.3.2023], dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/22300-jaka-je-cena-a-hodnota-destove-vody-v-zastavenem-uzemi>>.

Obrázek 8: Zelená střecha na panelovém domě, © Adapterra Awards, s.r.o., 2023 (online) [cit. 5.3.2023], dostupné z: <<https://www.adapterraawards.cz/cs/Zelena-strecha-na-panelovem-dome-Brno>>.

Obrázek 9: Proces úpravy vody (zpracovala Látalová dle: [https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water\\_treatment.html](https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water_treatment.html))

Obrázek 10: Blokové schéma systému (Autor: Aquanix s. r. o., 2022)

Obrázek 11: Vzorový řez nádrží RD (Autor: Aquanix s. r. o., 2022)

## 14. Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled úspor v objektech HDV (zpracovala Látalová dle dokumentace Aquanix, s. r. o.)

## 15. Seznam příloh

Příloha 1: Situace rodinného domu (Aquanix s. r. o., 2022)

Příloha 2: Situace Viladům Bečovská (Autor: Aquanix s. r. o., 2022)

Příloha 1: Situace rodinného domu

