

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**VYUŽITÍ ODPADNÍCH VOD V OBJEKTU PRO**  
**KOMUNITNÍ BYDLENÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vypracoval:

Tomáš Lucký

Vedoucí práce:

Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.

2022/2023

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Lucký</u>	Jméno: <u>Tomáš</u>	Osobní číslo: <u>495021</u>
Zadávací katedra: <u>K125 - Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor/specializace: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Využití odpadních vod v objektu pro komunitní bydlení</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Use of wastewater in a co-living building</u>	
Pokyny pro vypracování: Studie využití odpadních vod, návrh možných variant pro zadaný objekt, vč. výběru vhodné varianty.	
Zpracování projektu vybrané varianty: - projekt vodovodu a kanalizace zvolené varianty - půdorysy, svislé řezy, podélné řezy, výpočty, technické zprávy.	
Seznam doporučené literatury: prof. Ing. K.Kabele, CSc. a kol. : Energetické a ekologické systémy 1 - skripta ČVUT Valášek, J. a kol. - Zdravotnětechnická zařízení budov, Jaga 2006, ISBN 80-88905-60-5. ČSN 75 5409 Vnitřní vodovody. CNI 2013 ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace. CNI 2014	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>22.2.2023</u>	Termín odevzdání BP v IS KOS: <u>22.5.2023</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____	_____
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

<u>22.2.2023</u>	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Jirkově dne 21.5.2023

Podpis

## **Poděkování**

Jako první bych rád poděkoval vedoucí své bakalářské práce paní Ing. Zuzaně Veverkové, Ph.D. za její čas, vedení, rady a především optimistický přístup, který mi byl důležitou psychickou podporou během vypracování této práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za jejich podporu a trpělivost během mého celého studia.

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá využitím odpadních vod v objektu pro komunitní bydlení. V první části je teoreticky shrnuta problematika s hospodařením a možnostmi využití odpadních vod v bytových domech. Druhá část se zabývá praktickou aplikací využití odpadní vody v konkrétním objektu, konkrétně jde o návrh využití šedé a dešťové vody na splachování toalet.

## **Klíčová slova**

odpadní voda, zpětné využití odpadní vody, splašková odpadní voda, dešťová voda, šedá voda, černá voda, čistírna odpadních vod, kanalizace, vodovod

## **Annotation**

The bachelor thesis deals with the use of wastewater in a building for community housing. In the first part, the theoretical issues related to the management and possibilities of wastewater use in apartment buildings are summarized. The second part deals with the practical application of wastewater use in a specific building, specifically the proposal to use grey and rainwater for toilet flushing.

## **Keywords**

wastewater, re-use of wastewater, sewage wastewater, rainwater, gray water, black water, wastewater treatment plan, sewerage, water supply

# Obsah

1. Úvod.....	8
2. Odpadní voda .....	9
2.1 Dělení odpadních vod.....	9
2.1.1 Splaškové odpadní vody.....	9
2.1.2 Průmyslové a zemědělské odpadní vody .....	9
2.1.3 Srážkové (dešťové) vody.....	9
3. Splašková odpadní voda.....	9
3.1 Vznik splaškových odpadních vod.....	9
3.2 Dělení splaškových odpadních vod.....	11
3.2.1 Černá voda.....	11
3.2.2 Šedá voda .....	11
3.3 Likvidace splaškových odpadních vod .....	11
3.3.1 Veřejná kanalizační síť.....	12
3.3.2 Domovní čistírna odpadních vod .....	12
3.3.3 Kořenová čistírna odpadních vod.....	12
3.3.4 Septik.....	13
3.3.5 Žumpa (jímka).....	13
3.4 Zpětné využití splaškových odpadních vod .....	14
3.4.1 Černé vody .....	14
3.4.2 Šedé vody .....	15
3.4.2.2 Využití tepelné energie.....	16
4. Srážková (dešťová) voda.....	18
4.1 Likvidace dešťové vody .....	19
4.1.1 Veřejná kanalizační síť.....	19
4.1.2 Akumulace .....	20
4.2 Zpětné využití dešťových vod.....	20

4.2.1 Akumulace s využitím.....	20
4.2.2 Vsakování.....	21
5. Aplikace na zvoleném objektu .....	24
5.1 Popis objektu.....	24
5.2 Návrh možných variant zpětného využití odpadních vod.....	25
5.3 Nakládání s odpadní vodou.....	26
5.3.1 Černá voda.....	26
5.3.2 Šedá voda .....	26
5.3.3 Dešťová voda .....	26
5.4 Zpětné využití odpadní vody.....	26
5.4.1 Bilance šedé vody.....	27
5.4.2 Bilance dešťové vody.....	27
5.4.3 Popis navržené technologie.....	29
6. Závěr.....	31
Seznam obrázků: .....	32
Seznam tabulek: .....	32
Seznam grafů:.....	32
Seznam použité literatury a zdrojů:.....	33

# 1. Úvod

Energie je jedno z hlavních témat dnešní doby. Majitelé nemovitostí řeší kromě cen za energie i jejich úspory. Většina těchto úspor má vliv na pohodu člověka, jako příklad si můžeme uvést snižování teploty vytápění nebo snížení teploty teplé vody. Dalším opatřením, které by mohlo pomoci snížit spotřebu a tím i výdaje za energie, je zateplení budov. Domnívám se, že je škoda, když se ve spojení s tímto tématem více nemluví o vodě hlavně té, která obsahuje veliký potenciál a tou je voda odpadní.

Odpadní voda tu s námi byla, je a bude. Její produkce je ovšem silně ovlivněna zásobami pitné vody, jelikož hlavně z ní se odpadní voda skládá. V České republice zatím nedostatek pitné vody nehrozí, ale to se může kdykoliv změnit. Pitnou vodou je potřeba šetřit a to se dá buď zmenšením spotřeby nebo využitím odpadní vody.

Z předchozího textu je patrné, že potenciál odpadní vody je enormní. Lze s ní řešit energetickou krizi i postupný nedostatek pitné vody. Jediné co musíme pro naplnění tohoto potenciálu udělat, je naučit se správně hospodařit s odpadní vodou.

Cílem této bakalářské práce, je shrnutí možností hospodaření s odpadní vodou v bytovém domě a následným výběrem aplikace zpětného využití odpadní vody v daném objektu. Praktická část je věnována zpracování projektové dokumentace kanalizace a vodovodu v objektu pro komunitní bydlení.



## **2. Odpadní voda**

Odpadní voda je voda, jejíž kvalita byla zhoršena využitím pro lidskou činnost. Tyto vody obsahují různá chemická a biologická znečištění. [1]

### **2.1 Dělení odpadních vod**

Odpadní vody dělíme podle charakteru znečištění.

#### **2.1.1 Splaškové odpadní vody**

Jedná se o odpadní vodu, která vznikla každodenní lidskou činností v budovách pro bydlení a občanskou vybavenost. Nejčastější znečišťující látkou jsou fekálie a moč. [2]

#### **2.1.2 Průmyslové a zemědělské odpadní vody**

Jsou odpadní vody, jež byly znečištěné při výrobních procesech v průmyslové a zemědělské výrobě. Obsah složení znečišťujících látek je závislý na druhu průmyslové a zemědělské výroby. Tyto vody nebudou vzhledem k tématu bakalářské práce dále řešeny. [2]

#### **2.1.3 Srážkové (dešťové) vody**

Jedná se o odpadní vodu vzniklou dopadem atmosférických srážek na zemský povrch, odkud jsou následně odvedeny do kanalizace ze střešních a zpevněných ploch (např. chodníky, parkoviště, silnice). Množství a složení znečišťujících látek je závislé na složení ovzduší.[2]

## **3. Splašková odpadní voda**

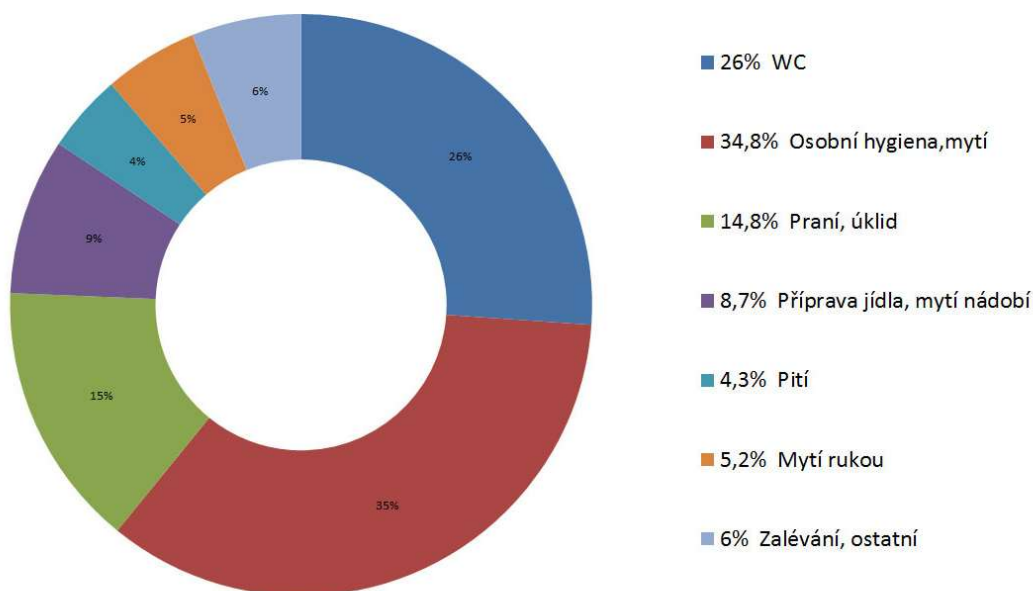
### **3.1 Vznik splaškových odpadních vod**

V České republice zatím v naprosté většině pochází splaškové odpadní vody z vody pitné. Pitnou vodou rozumíme vodu zdravotně nezávadnou, která ani přes trvalé použití nezpůsobí onemocnění nebo poruchy zdraví z přítomnosti mikroorganismů nebo látek způsobující zdravotní potíže. [3]

Spotřeba pitné vody v posledních letech každoročně stoupá, například v roce 2019 byla průměrná spotřeba 89 litrů na osobu a den, za rok 2022 už 93 litrů na osobu a den. Tato čísla by nebyla tak vysoká, kdybychom ve větší míře nahradili pitnou vodu vodou provozní. A to zejména u činností, kde to umožňuje platná legislativa. Mezi tyto činnosti patří splachování toalet, zalévání zahrady, mytí aut, praní a úklid. Oblastí, kde se dá nejvíc ušetřit pitnou vodu

jejím nahrazením vodou provozní, je bezpochyby splachování toalet, což vyplývá i z grafu denní potřeby vody v domácnosti na obrázku 1. [4] [5]

## Spotřeba vody v domácnosti



Obrázek 1 - Graf průměrné denní spotřeby vody v domácnosti [4]

Rok	Průměrná denní spotřeba	Spotřeba na splachování WC	Spotřeba na praní a úklid	Spotřeba na zalévání a ostatní
2019	89 l/den	23,1 l/den	13,2 l/den	5,3 l/den
2022	93 l/den	24,2 l/den	13,8 l/den	5,6 l/den

Tabulka 1 - Výpočet průměrného denního množství spotřeby pitné vody na činnosti, kde je možné nahrazení vodou provozní [4] [5]

Rok	Průměrná denní spotřeba	Průměrná denní úspora	Průměrná denní spotřeba po nahrazení pitné vody
2019	89 l/den	41,6 l/den	47,4 l/den
2022	93 l/den	43,6 l/den	49,4 l/den

Tabulka 2 - Výpočet průměrně ušetřeného denního množství pitné vody po nahrazení vodou provozní [4] [5]

Při současné legislativě lze pomocí tabulky 1 a 2 konstatovat, že 53 % z celkové denní spotřeby pitné vody musí i nadále zajišťovat voda pitná. Ovšem zbylých 47 % jsme už nyní schopni nahradit provozní vodou.

## **3.2 Dělení splaškových odpadních vod**

Splaškové odpadní vody dělíme podle míry znečištění na černou a šedou.

### **3.2.1 Černá voda**

Jedná se o splaškovou odpadní vodu nejčastěji z toalet. Míra znečištění vody je zde značná, ale pokud ji budeme odvádět odděleně od ostatních odpadních vod, tak se dá přeměnit na přírodní hnojivo. Černá voda se skládá z vody žluté a hnědé. [6]

#### **3.2.1.1 Žlutá voda**

Žlutá voda je část černé vody, která obsahuje moč. Skládá se z močoviny, rozpuštěných solí, dalších organických látek a nutrientů zejména dusíku, fosforu a draslíku. Jedná se o dobře vyvážené hnojivo s podobným poměrem hlavních živin jako u průmyslových hnojiv. [6] [7]

#### **3.2.1.2 Hnědá voda**

Hnědá voda je část černé vody, která obsahuje fekálie. Tyto vody jsou bohaté na uhlík, dusík, fosfor a draslík. Ovšem obsahují i velké množství vápníku, hořčíku a draslíku. [6]

### **3.2.2 Šedá voda**

Je odpadní voda, která neobsahuje moč ani fekálie. Jedná se tedy o odpadní vodu ze sprch, van, umyvadel, praček, myček na nádobí a dřezů. Podle vhodnosti recyklace této vody ji dále dělíme na světle šedou a tmavě šedou. Vyčištěnou šedou vodu nazýváme bílou vodou. [7] [8]

#### **3.2.2.1 Světle šedá voda**

Jedná se o druh šedé vody pocházející ze sprch, van, umyvadel a praček. Tento druh šedé vody je vhodný pro recyklaci. Nejvýznamnější znečištění je z pracích prostředků, šampónů, zubních past a podobně. [7]

#### **3.2.2.2 Tmavě šedá voda**

Je druh šedé vody pocházející z kuchyňských dřezů a myček nádobí. Tmavě šedé vody nejsou vhodné k recyklaci a můžeme se setkat i s názorem, že tyto vody nepatří do šedých vod. Hlavním důvodem nevhodnosti recyklace těchto vod je vysoká koncentrace znečištění hlavně tuky a oleji. [7] [8]

## **3.3 Likvidace splaškových odpadních vod**

Splaškové odpadní vody lze likvidovat dvěma způsoby a to centrálně v čistírně odpadních vod nebo lokálně v místě vzniku odpadní vody.

Nejjednodušším i nejpoužívanějším způsobem odvodu odpadní vody je napojení na veřejnou kanalizační síť. Ta odvádí odpadní vodu do čistíren odpadních vod, odkud se vyčištěná voda vypouští do vodního recipientu.

Pokud není možné napojení na veřejnou kanalizační síť, je nutné použít řešení likvidace odpadní vody v místě jejího vzniku. Touto metodou může být například zřízení lokálních (domovních) čistíren odpadních vod, septiku nebo žumpy (jímky).

### **3.3.1 Veřejná kanalizační síť**

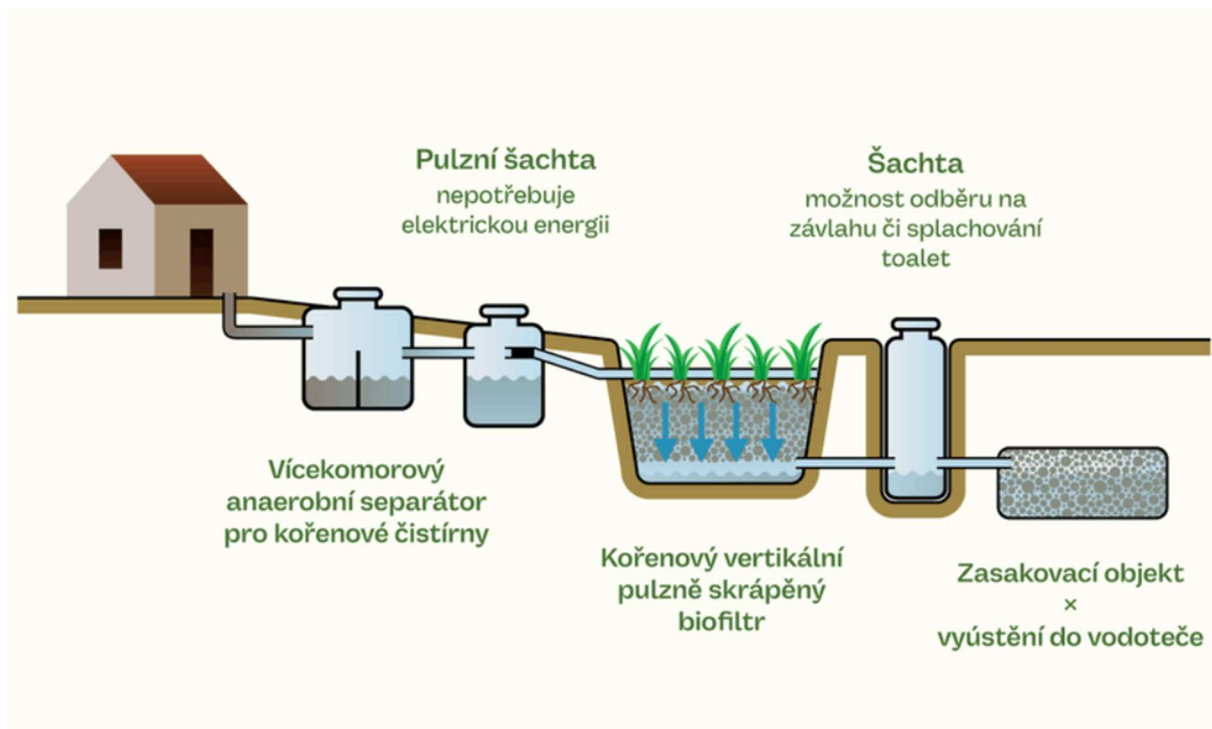
Jak už bylo zmíněno výše, jedná se o nejjednodušší a nejpoužívanější možnost odvodu odpadních vod. Napojení budovy na veřejnou kanalizaci je realizováno pomocí kanalizační přípojky a souhlas k její realizaci je nutné požádat správce dané sítě. Veřejná kanalizační síť může být jednotná, ta odvádí dešťové a splaškové odpadní vody dohromady a nebo může být oddílná, která odvádí odpadní a dešťové vody zvlášť.

### **3.3.2 Domovní čistírna odpadních vod**

Jedná se o zařízení založené na stejném principu jako centrální čistírny odpadních vod, jen v menším vydání zpravidla pro rodinné domy. Zařízení je tvořené několika oddělenými komorami, kde dochází za pomoci provzdušňování k čištění odpadní vody. Vyčištěnou odpadní vodu je možné odvést do povrchových nebo podzemních vod, případně odvést do veřejné kanalizační sítě, která není zakončena čistírnou odpadních vod. Další možností je akumulovat vyčištěnou vodu v jímce pro závlahu. [9]

### **3.3.3 Kořenová čistírna odpadních vod**

Je ekologičtější variantou domovní čistírny odpadních vod z kapitoly 3.2.2, protože pro svůj provoz nevyžaduje elektrickou energii. Tento typ čistírny je založen na principech z přírodních mokřadů. Čištění probíhá pomocí bakterií, které se nacházejí na kořenovém filtru tvořeným jemným štěrkem a kořenech rostlin vsazených na povrch kořenového filtru. Odpadní voda se nejprve předčistí ve vícekomorovém septiku, naakumuluje se v pulzní šachtě po jejímž naplnění přeteče voda na kořenový filtr, přes který protéká. Přechištěná voda se následně dostává do šachty, kde je možné ji odebírat, nechat vsakovat přes vsakovací zařízení nebo vyústit do vodního recipientu. V dnešní době se můžeme setkat i s variantami fasádní a střešní kořenové čističky. [10] [11]



Obrázek 2 - Schéma kořenové čistírny odpadních vod [11]

### 3.3.4 Septik

Jedná se o betonovou nebo plastovou nádrž s několika komorami, nejčastěji tříkomorové. Platí, že čím více komor septik má, tím je účinnější. Pro umožnění vypouštění vyčištěné odpadní vody je nutné septik doplnit o dočišťovací filtr a to zemní nebo biologický. V první fázi voda nateče do komory, kde se postupně oddělí pevné částice. Následně voda přeteče do dalších komor, kde se oddělí zbylé pevné částice. Z poslední komory voda míří do dočišťovacího filtru, ve kterém dojde k jejímu mechanickému čištění. Teprve poté můžeme vodu nechat vsakovat nebo odvést do vodního recipientu. [12]

### 3.3.5 Žumpa (jímka)

Je betonová nebo plastová vodotěsná nádrž sloužící pouze pro akumulaci odpadní vody, nikoli pro její vyčištění či odtok. Naakumulovaná odpadní voda se musí nechat při naplnění nádrže vyvést a zlikvidovat na čistírně odpadních vod odbornou firmou. Četnost vyvážení odpadní vody závisí na velikosti nádrže. Zákon č.254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů udává majiteli povinnost doložit doklady o odborné likvidaci odpadní vody. Cena za realizaci žumpy je nízká. Ovšem pokud připočteme provozní náklady za vývoz a likvidaci odpadní vody dostaneme se na podobné částky jako u zbylých lokálních systémů likvidace odpadní vody. [13] [14]

## 3.4 Zpětné využití splaškových odpadních vod

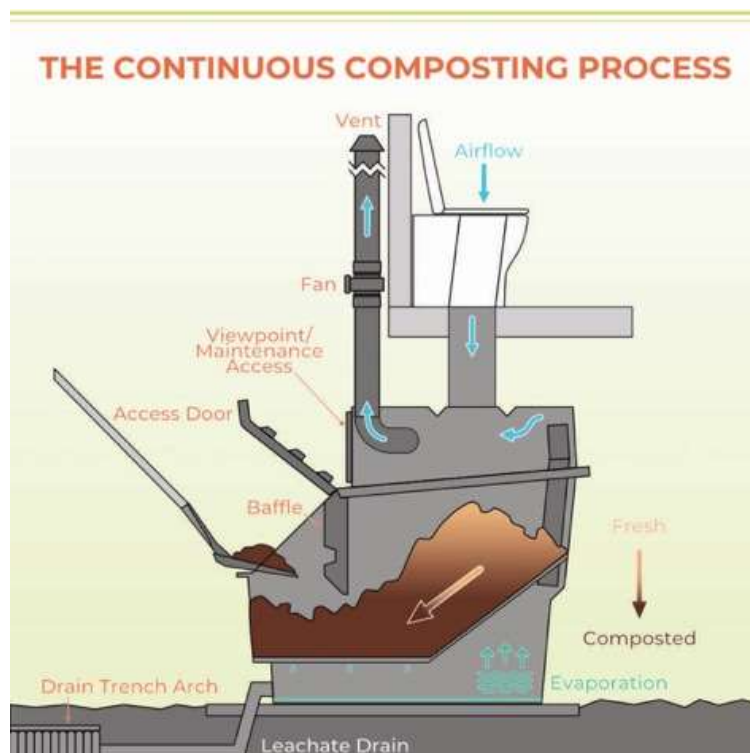
Způsoby, jakými lze zpětně využít splaškové odpadní vody, závisí na druhu splaškových odpadních vod, které jsou popsány v kapitole 3.2.

### 3.4.1 Černé vody

Zpětné využití těchto odpadních vod, je spíše ojedinělé a to nejen v České republice, ale i ve světě. V kapitole 3.2.1 bylo zmíněno, že černá voda má potenciál pro zpětné využití a to hlavně ve formě hnojiva, díky vysokému obsahu živin. Důležitým aspektem pro recyklaci černých vod je jejich oddělení od vod šedých a dešťových z důvodu menšího ředění. Platí zde tedy nepsané pravidlo, čím méně vody tím lépe.

Černé vody se kompostují buď přímo v místě produkce, anebo se v místě produkce pouze shromažďují případně vysušují a kompostování probíhá jinde. Kompostovacím zařízením rozumíme toalety, které mají buď velkokapacitní zásobník, kde dochází ke kompostovacímu procesu, anebo toalety slouží pouze jako přestupní stanice.

Průkopníkem v odvětví kompostovacích toalet je firma Clivus-Multrum. Kompostovací toalety jsou založené na principu oddělených komor, v nichž probíhají různé procesy. Pomocí síta se oddělí fekálie od vody a moči. Na síte dochází za pomoci tepla a přiváděného vzduchu k procesu kompostování. Po konci procesu kompostování je možné odebrat zkompostovaný odpad, který je hygienicky nezávadný a nezapáchající. [15] [16] [17]



Obrázek 3 - Schéma kompostovací toalety firmy Clivus-Multrum [16]

### 3.4.2 Šedé vody

U šedých odpadních vod rozeznáváme dva způsoby zpětného využití. Prvním způsobem je přečištění s následným využitím bílé vody, druhým způsobem je využití tepelné energie z těchto vod.

#### 3.4.2.1 Přečištění a následné využití

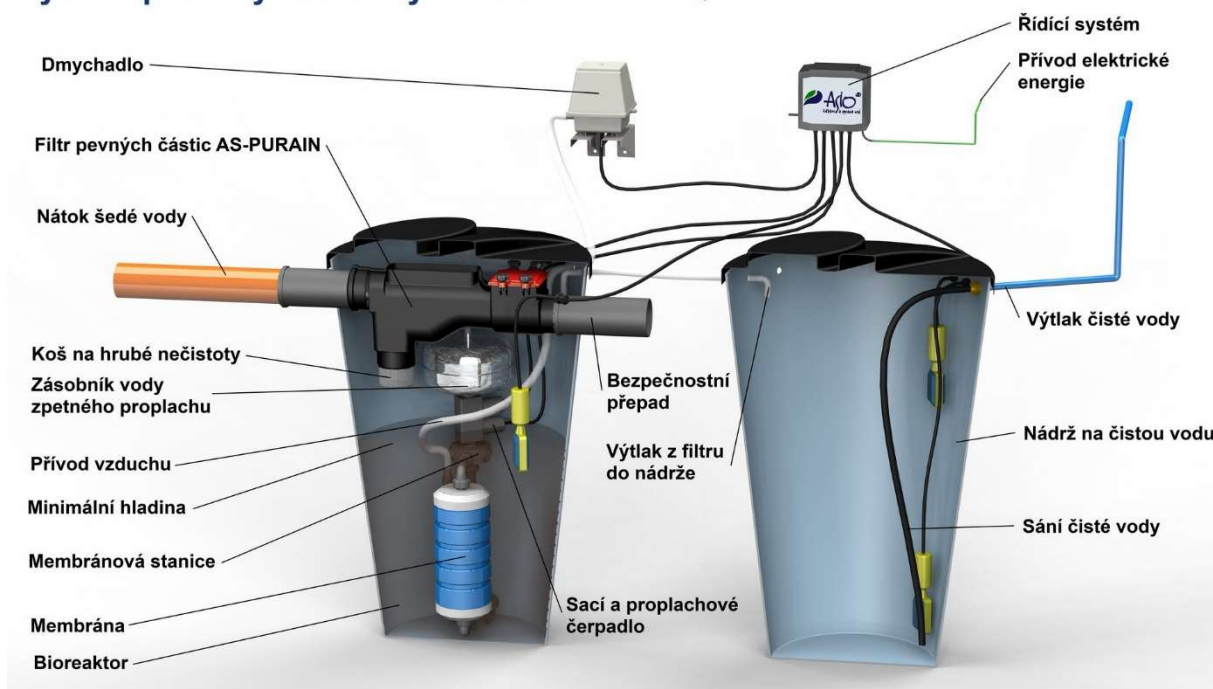
V první řadě si musíme ujasnit dva pojmy bílá a provozní voda. Bílou vodou se rozumí vyčištěná šedá voda. Provozní vodou označujeme vodu pro provozní účely (například splachování WC, praní, úklid, zavlažování, apod.), kterou rozvádíme v objektu oddílnou vodovodní soustavou. Provozní voda nemá kvalitu pitné vody a může se skládat z vody bílé nebo dešťové, případně jejich kombinace nebo kombinace s vodou pitnou.

Metoda přečištění s následným využitím se skládá ze tří částí. První částí je odvod šedé vody od zařizovacích předmětů samostatnou kanalizační sítí k místu, kde budeme přivedenou šedou vodu čistit a akumulovat. U této části je potřeba si rozmyslet, ze kterých zařizovacích předmětů budeme chtít odpadní vodu recyklovat, v kapitole 3.2.2 byly popsány druhy šedých vod a jejich vhodnost k následné recyklaci. Podle složení znečišťujících látek musíme ve druhé části zvolit vhodnou čistírnu šedých vod, kde se šedá voda v první fázi vyčistí a následně přečištěná šedá voda (bílá voda) naakumuluje v akumulární nádrži. Třetí částí je rozvod provozní vody k místům jejího využití.

Provozní ani bílá voda nespĺňují parametry pitné vody stanovené místní legislativou, z tohoto důvodu je nutné dodržovat určité zásady. Rozvody provozní vody a akumulární nádrže bílé vody musí být řádně označena značkou, že se nejedná o vodu pitnou. Provozní voda se musí vést pouze samostatným potrubím, nikoli dohromady s pitnou vodou a ani se nesmí tyto vody dostat do vodovodního řádu pitné vody.

Pro popis technologie čištění šedé vody je použita čistírna šedých vod od firmy ASIO AS-GW/AQUALOOP. Šedá voda natéká do reakční nádrže přes filtr mechanických nečistot. V reakční nádrži dochází k biologickému čištění. Po vyčištění je voda přečerpána pomocí čerpadla do akumulární nádrže bílé vody, ze které je pomocí řídicí jednotky dávkována do systému rozvodů provozní vody. V případě že je v akumulární nádrži nedostatek bílé vody, doplní řídicí jednotka systém rozvodů provozní vody vodou pitnou nebo dešťovou. [15] [18] [19]

## System pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP



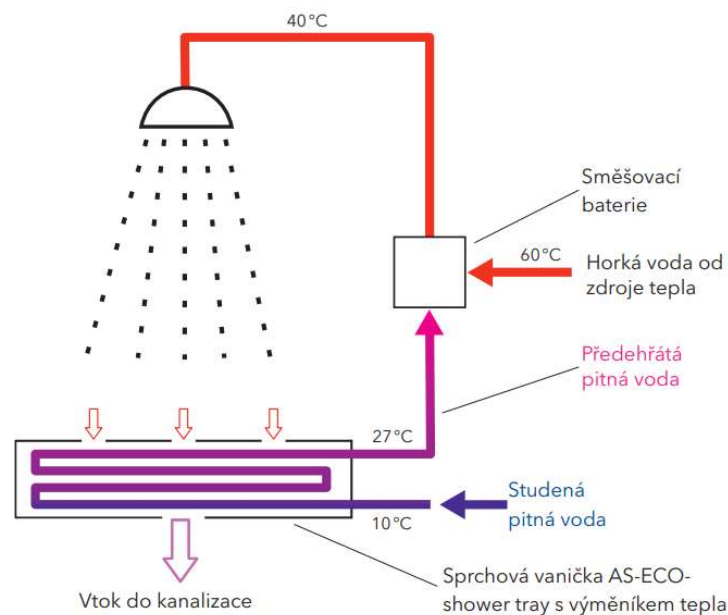
Obrázek 4 - Schéma čistírny šedých vod AS-GW/AQUALOOP [18]

### 3.4.2.2 Využití tepelné energie

Odváděná šedá voda má v sobě velký tepelný potenciál a je škoda se ho zbavit. Ještě v dnešní době, kdy se snažíme, aby budovy měly co nejnižší energetickou náročnost. Výhodou šedých vod je vyšší teplota vody a relativně malé znečištění. Tohoto můžeme využít pro přehřev pitné vody a to lokálně nebo centrálně. Přehřev je zajištěn díky výměníku zpětného získávání tepla z odpadní šedé vody. Další možností je napojení na primární okruh tepelného čerpadla. Lepší účinnost těchto systémů bude vždycky tam, kde se vypouští více šedé vody a hlavně o vyšší teplotě. [20] [21]

Lokální výměníky zpětného získávání tepla se nacházejí přímo v místě odtoku odpadní vody ze zařizovacího předmětu. Nejčastěji se používají u sprchových koutů a van, zde je jejich uplatnění největší. Princip spočívá v ohřátí studené pitné vody v rekuperačním výměníku, kde odtékající odpadní voda předává své teplo vodě studené. Díky tomuto řešení jsme schopni ušetřit přítok teplé vody, protože do směšovací vodovodní baterie přitéká studená voda o vyšší teplotě. Rekuperační výměník může být integrovaný ve sprchové vaničce, zvlášť mimo vaničku nebo pod vanou, případně může být jakožto svislá trubka. [20] [21]

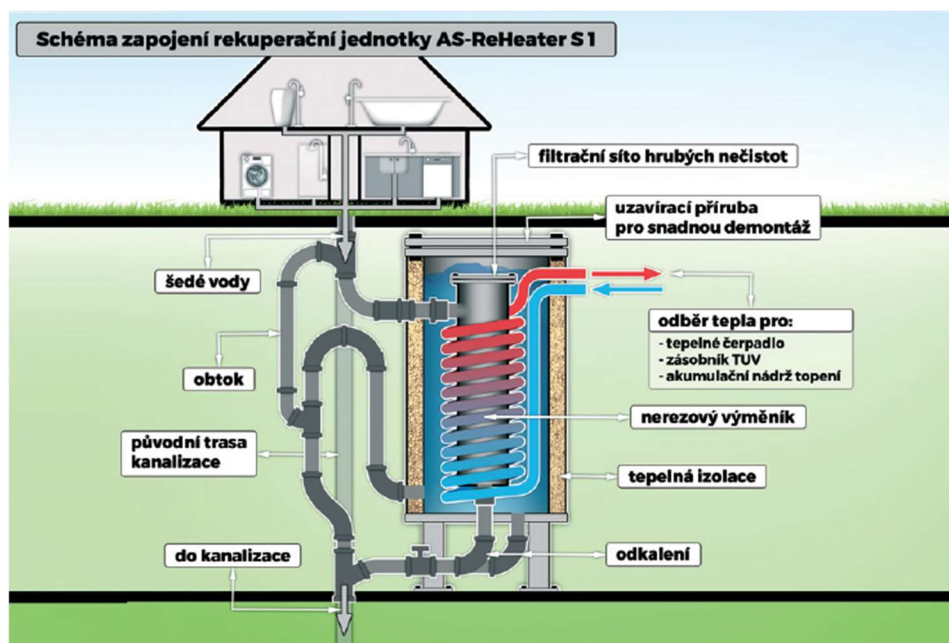




Obrázek 5 - Schéma lokálního integrovaného rekuperačního výměníku [22]

Centrální výměníky zpětného získávání tepla se hodí pro provozy, kde je velká spotřeba teplé vody, například lázně, aquaparky, penziony, nemocnice, hotely, koleje, apod. Princip výměníků je stejný jako u lokálních, tedy předehřátí studené vody pomocí získání tepla od vod odpadních.

Poslední možností, jak využít tepelnou energii z šedých vod, je napojení na primární okruh tepelného čerpadla. Napojení je realizováno přes výměník tepla. Pro tento systém je nutné vybrat správně tepelné čerpadlo, jelikož není možné použít běžná domovní čerpadla, z důvodu vysoké teploty vody v primárním okruhu. [21]



Obrázek 6 - Schéma centrálního rekuperačního výměníku [23]

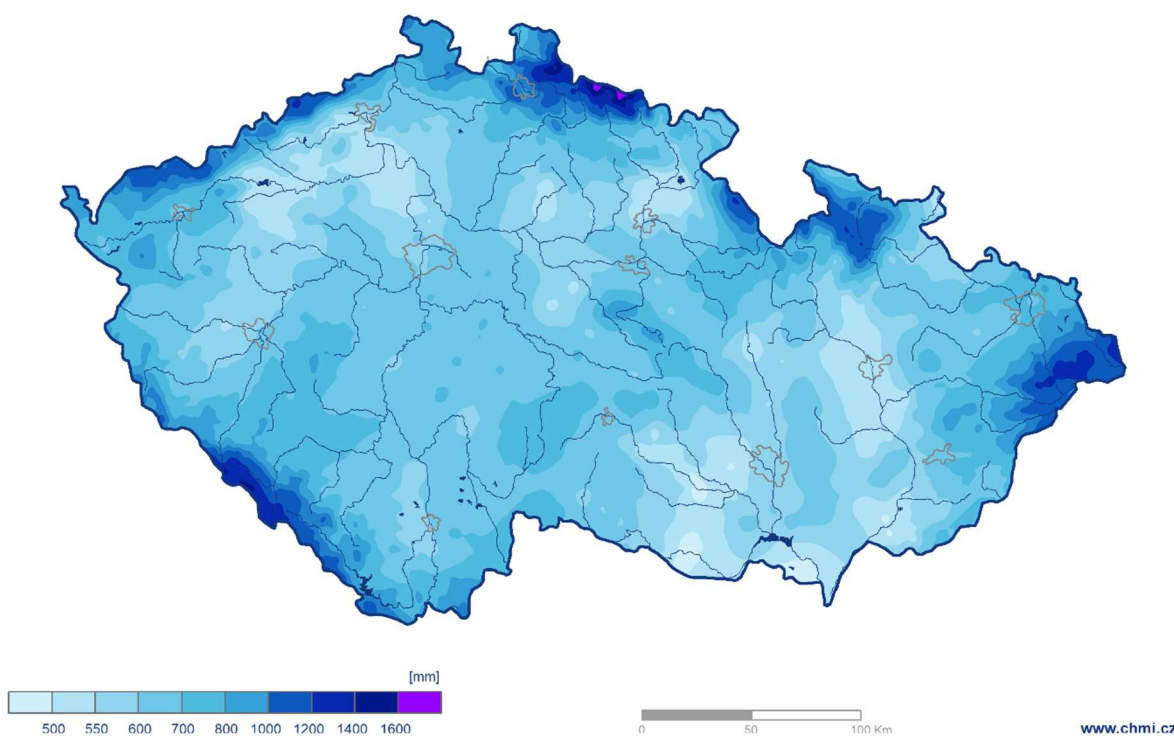
## 4. Srážková (dešťová) voda

Dešťová voda je jednoznačně nejvyužívanější odpadní voda v současné době. Průměrný roční úhrn srážek v České republice je okolo 600-800 mm. Což je velké množství vody, které často vypouštíme pouze do veřejné jednotné kanalizační sítě, i když by si zasloužila lepší využití. Ovšem musíme si říct i zásadní nevýhodu dešťové vody, níž je nepravidelnost. Kvůli které se nelze spolehnout, jestli naakumulovaná dešťová voda pokryje období bez srážek, jelikož nikdo nedokáže se stoprocentní jistotou předpovědět, kdy a jak vydatně bude pršet. [24]

Nejčastějším a nejlevnějším využitím dešťové vody je její akumulace. Každý z nás se určitě setkal s tradičním zachytáváním dešťové vody nejčastěji v plastových sudech nebo nádobách. Takto zachycená voda se využívá hlavně pro zavlažování, případně mytí aut. V dnešní době je trend opouštět volně stojící sudy na vodu na pozemku a nahrazovat je akumulací nádržemi přizpůsobenými pro uložení do země. Výhodou akumulace vody v zemi je její delší životnost, jelikož není vystavena slunečnímu záření ani vysokým teplotám.

### Úhrn srážek v roce 2021

Český  
hydrometeorologický  
ústav



Obrázek 7 - Mapa ročního úhrnu srážek na území České republiky [25]

## **4.1 Likvidace dešťové vody**

Dešťové vody, lze likvidovat buď odvedením do veřejné kanalizační sítě, anebo akumulovat a následně využít na pozemku. Od roku 2021 platí novela vodního zákona, která ukládá povinnost zachytávat dešťové vody přímo v místě jejich dopadu. [26]

### **4.1.1 Veřejná kanalizační síť**

Princip je stejný jako u splaškových odpadních vod. Objekt je napojen na veřejnou kanalizační síť pomocí kanalizační přípojky, kterou musí povolit správce dané sítě. U dešťových vod rozeznáváme dva druhy veřejné kanalizace jednotnou a oddílnou.

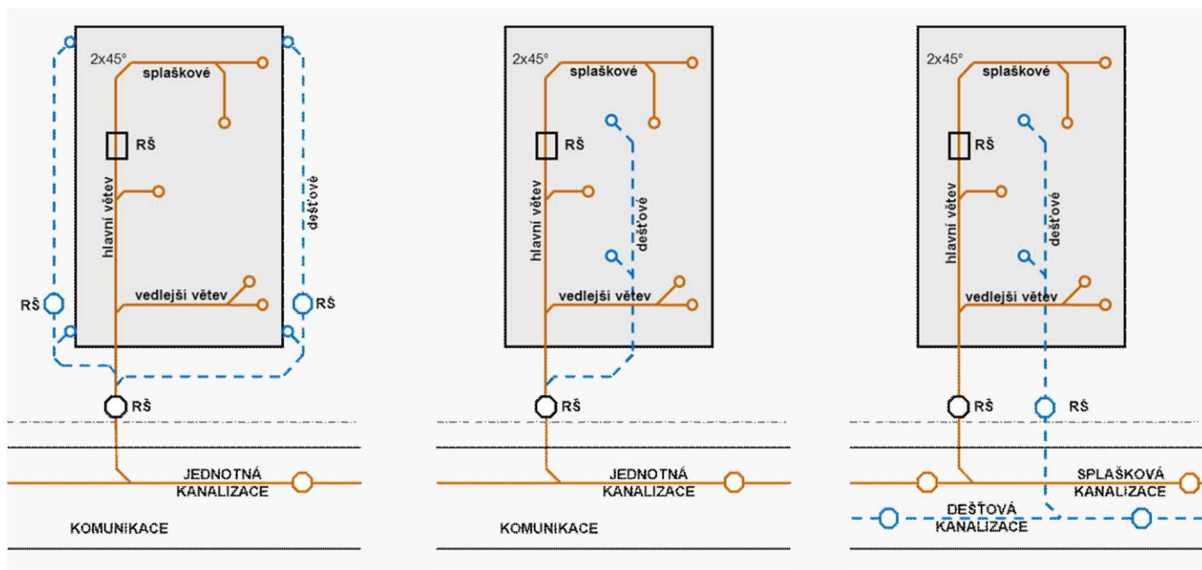
V dnešní době se můžeme často setkat s požadavkem na regulovaný odtok dešťových vod do veřejné kanalizace. Důvodem tohoto požadavku je zamezit přehlcení kanalizační sítě při přívalových deštích. Pro regulovaný odtok se používají retenční nádrže. Ty slouží pro zadržení dešťové vody na krátkou dobu a umožní tak pozvolnému odtékání dešťové vody, díky osazení vírového ventilu. [27]

#### **4.1.1.1 Jednotná kanalizace**

Jednotnou kanalizací se odvádějí společně dešťové a splaškové odpadní vody. Sjednocení těchto druhů odpadních vod se doporučuje provádět co nejbližší kanalizační přípojce pro případ, že bychom chtěli v budoucnu začít využívat dešťovou vodu. Nevýhodou jednotné kanalizace je znemožnění využití dešťové vody, jelikož je odvedena a přečištěna v čistírně odpadních vod, i když nebyla znečištěna. Dalším problémem je zahlcování veřejné kanalizační sítě.

#### **4.1.1.2 Oddílná kanalizace**

Oddílná kanalizace se skládá ze splaškové a dešťové veřejné kanalizační sítě. Dešťová a splašková odpadní voda je z objektu vedena odděleně a připojena pomocí samostatných přípojek na veřejnou kanalizaci. Tím, že jsou dešťové vody vedeny odděleně, nedochází k zahlcování veřejné kanalizační sítě. Splaškové odpadní vody jsou vedeny do čistíren odpadních vod. Zatímco dešťové vody jsou nejčastěji vedeny do vodního recipientu, ale mohou být svedeny do centrálních akumulačních nádrží pro potřeby jejich dalšího využití. Menší nevýhodou oddílné kanalizace je větší spotřeba materiálu na dvě stokové sítě a tím i na dvě kanalizační přípojky a dvě revizní šachty na pozemku objektu.



Obrázek 8 - Schéma jednotné (vlevo, uprostřed) a oddílné (vpravo) veřejné kanalizační sítě [28]

#### 4.1.2 Akumulace

Nejedná se přímo o likvidaci dešťové vody, ale o možnost ji akumulovat v akumulační nádrži a následně využít pro různé účely. Už v kapitole 4 bylo zmíněno zachytávání vod do plastových sudů nebo nádob k tomu určených. Modernějším, kvalitnějším a vhodnějším způsobem je ovšem využití akumulačních nádrží určených pro umístění do země, tím docílíme delší trvanlivosti a lepší kvality akumulované vody. Akumulační nádrže jsou na rozdíl od retenčních nádrží určené pro dlouhodobou akumulaci vody. V případě jejich stoprocentního zaplnění se přebytečná dešťová voda přes bezpečnostní přepad dostane buď do veřejné kanalizační sítě nebo ji můžeme nechat vsakovat na pozemku. [27]

### 4.2 Zpětné využití dešťových vod

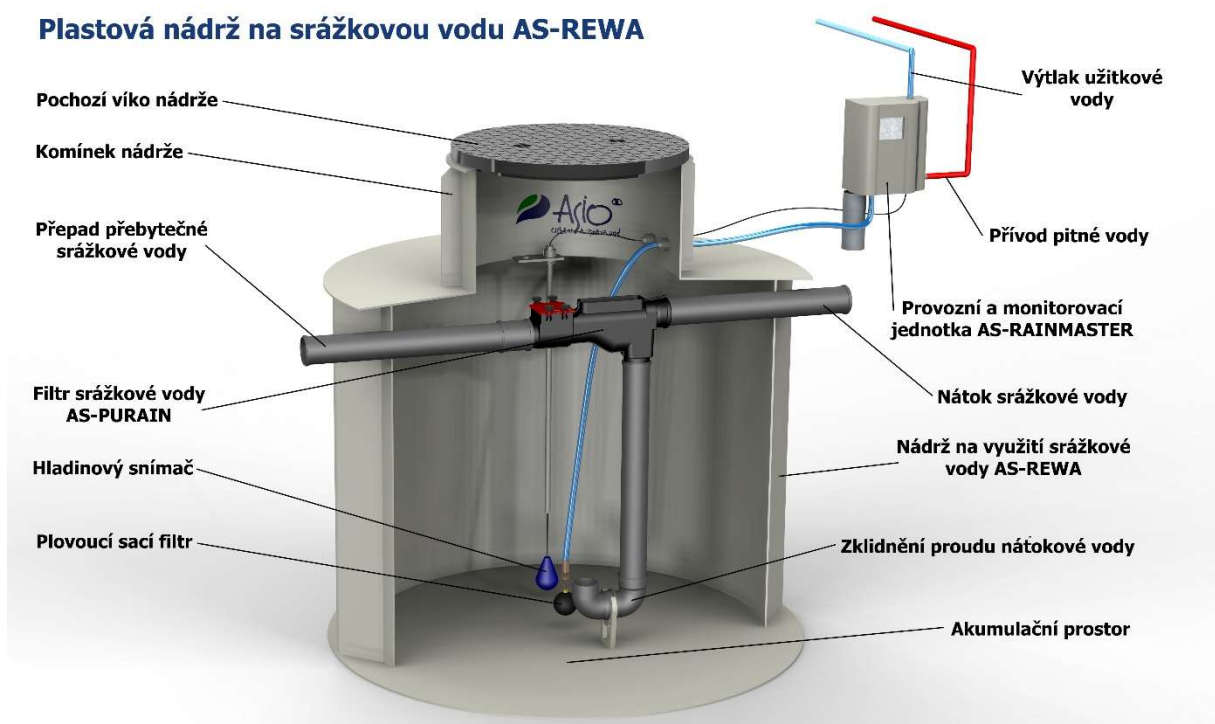
Z kapitoly 4.1.2 víme, že pro možnost využití dešťové vody, ji musíme nejdříve akumulovat na pozemku v nádržích k tomu přizpůsobených. Zadržanou dešťovou vodu můžeme využít jako provozní vodu, případně na doplnění do systému provozní vody, anebo můžeme nechat dešťovou vodu vsakovat na pozemek.

#### 4.2.1 Akumulace s využitím

Jedná se o jednu z možností, jak využít dešťovou vodu. Nejprve je zapotřebí odvést dešťové vody z ploch a následně je přivést k akumulační nádrži. Před vtokem do akumulační nádrže by měl být osazen filtr mechanických nečistot, u některých nádrží je filtr už integrovaný uvnitř nádrže. Následně je možné využívat akumulovanou dešťovou vodu pro různé činnosti.

Nejčastěji se dešťová voda využívá k zavlažování na pozemku. Dalším možným způsobem je nahrazení pitné vody, tam kde to umožňuje legislativa, to jest pro splachování toalet, úklid, mytí aut nebo praní. Dešťová voda je často měkčí než voda pitná. Proto se například hodí pro praní, jelikož můžeme použít méně pracího prostředku a taky klesá riziko vzniku vodního kamene. Hlavní nevýhodou dešťové vody je nepředvídatelnost srážek. Tudiž pokud se rozhodneme pro využití dešťové vody pro účely splachování, praní nebo úklid, je nutné použít řídicí jednotku, která se napojí na akumulární nádrž a pitnou vodu. V případě nedostatku dešťové vody, řídicí jednotka dodá do systému provozní vody vodu pitnou.

Problém s nedostatkem dešťové vody lze vyřešit i kombinací zpětného využití dešťové a šedé odpadní vody. Systém provozní vody je primárně plněn vodou bílou, ale v případě jejího nedostatku řídicí jednotka doplní systém dešťovou vodou. A pokud nastane situace, kdy nebude dostatek bílé ani dešťové vody, řídicí jednotka doplní systém vodou pitnou. [29]



Obrázek 9 - Schéma akumulární nádrže firmy ASIO AS-REWA [29]

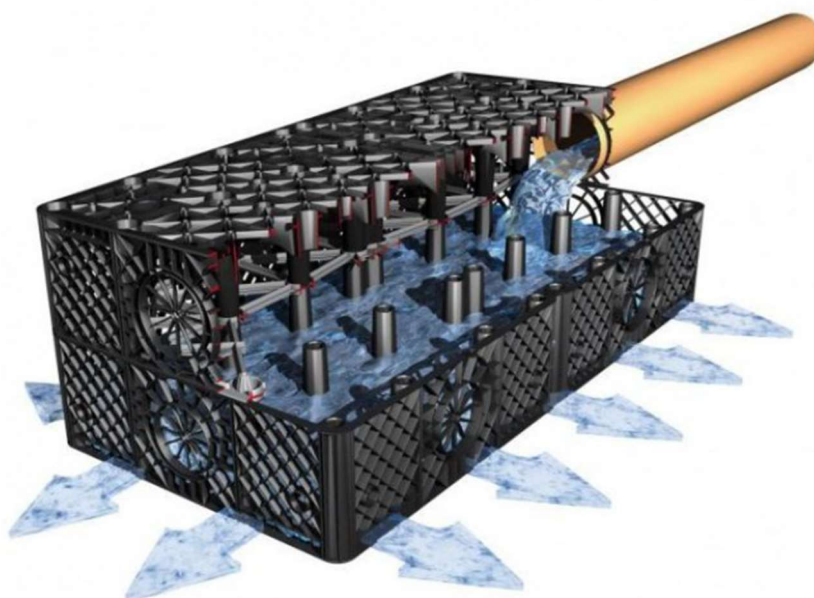
#### 4.2.2 Vsakování

V novele vodního zákona z roku 2021 je vsakování dešťové vody preferovanou variantou, na rozdíl od vypouštění do veřejné kanalizační sítě. Vsakování nelze použít na každém pozemku a je potřeba vhodnost tohoto systému na vybraném pozemku nechat ověřit geologickým průzkumem. Výhodou vsakování je doplnění vody do podzemních vod, které s rostoucí výstavbou pevných odvodňovaných ploch ubývá. [26] [30]

Dešťová voda je do vsakovacích zařízení přiváděna buďto přímo ze svodného dešťového potrubí, nebo z akumulční případně retenční nádrže. Nejčastější vsakovací zařízení jsou podpovrchové bloky a šachty, v krajině a veřejných prostranstvích se můžeme setkat i s nadzemním vsakováním. [30]

#### 4.2.2.1 Vsakovací bloky

Jedná se o systém bloků o různé velikosti a tvaru, ze kterých se sestavují podzemní vsakovací objekty. Konstrukce bloků je tvořena pro maximálně efektivní využití celého objemu bloku k retenci a následnému vsaku dešťových vod i z přívalových dešťů. Plastové vsakovací bloky mohou mít tvar tunelu nebo hranatých bloků. Bloky ve tvaru tunelu musejí mít uzavřené čelní strany. [30]



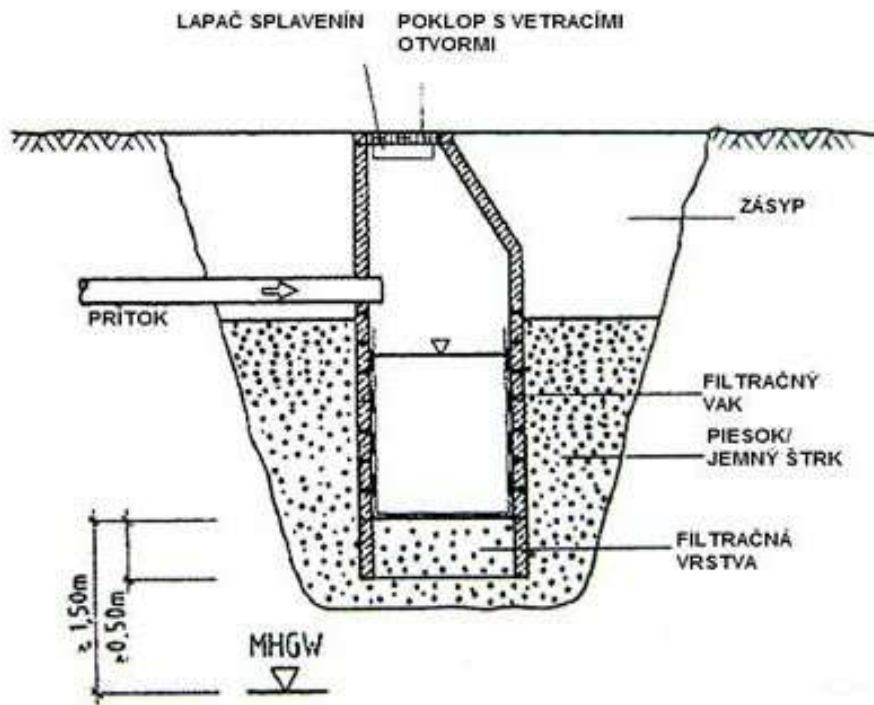
Obrázek 10 - Vsakovací zařízení z hranatých bloků MEA [31]



Obrázek 11 - Vsakovací zařízení tunelového tvaru AS-KRECHT [32]

#### 4.2.2.2 Vsakovací šachty

Výhodou vsakovacích šachet je jejich jednoduchost, možnost revize, snadná údržba při zanesení a malé investici. Nevýhodou tohoto typu vsakovacího zařízení je omezená a malá plocha vsakování. V České republice jsou tyto šachty z důvodu špatných vsakovacích podmínek pro tento typ vsakovacího zařízení samostatně nepoužitelné. Možné použití je pouze v kombinaci s jiným vsakovacím objektem. [30]



Obrázek 12 - Schéma vsakovací šachty [33]

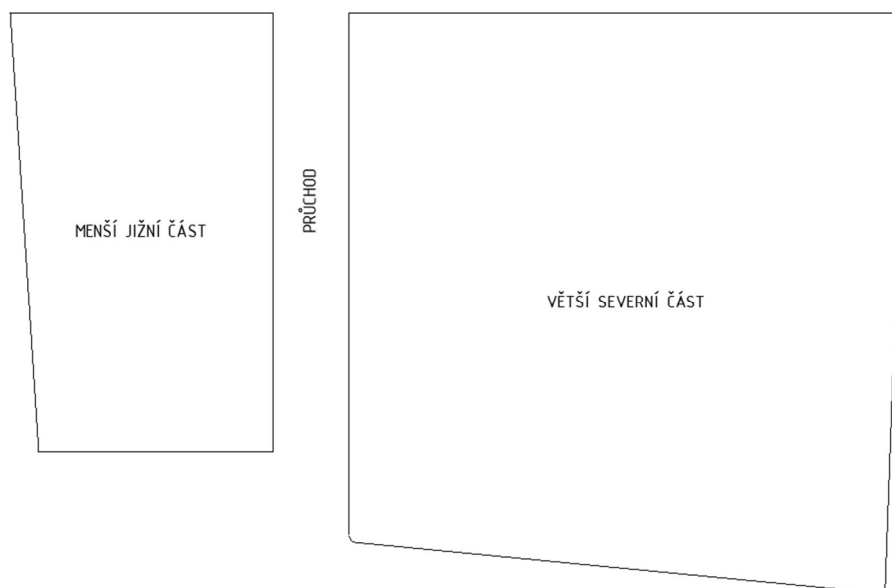
## 5. Aplikace na zvoleném objektu

### 5.1 Popis objektu

Řešený objekt leží ve městě Roztoky u Prahy, v ulici Nádražní. Jedná se o bytový dům se čtyřmi bytovými jednotkami a čtyřmi komerčními prostory. Bytové jednotky mají charakter komunitního bydlení, skládají se ze společných prostor jako je kuchyň, obývací pokoj, chodba a samostatných pokojů s vlastním sociálním zařízením. Bytová jednotka C je řešena jako mezonetový byt rozkládající se ve 3.NP a 4.NP. Komerční prostory jsou tvořené sociálním zázemím a komerčním prostorem.

Charakterizujícím prvkem zvoleného objektu je jeho rozdělení v úrovni 1.PP a 1.NP na dvě části. V 1.NP je tímto rozdělením vytvořen průchod, který spojuje veřejný chodník mezi západní a východní stranou pozemku. Dalším prvkem charakterizující objekt je ustupující podlaží na východní straně mezi 1.NP a 2.NP a na západní a severní straně ve 4.NP oproti 3.NP.

V 1.PP v menší jižní části objektu se vyskytuje skladové a sociální zázemí komerčního prostoru B, hlavní úklidová místnost objektu, sklepní kóje a technická místnost, kde je umístěn zásobník teplé vody. Ve větší severní části objektu se nalézá technická místnost určena pro systém zpětného využití odpadní vody a čtyři zakladačová stání. V menší jižní části v 1.NP se nachází druhé patro komerčního prostoru B, vstup do objektu a klubovna se sociálním zařízením. Ve větší severní části se nachází komerční prostor A, čtyři zakladačová stání a vjezd do garáží.



Obrázek 13 - Schéma rozdělení objektu na části v 1.PP a 1.NP



Ve 2.NP se nalézá bytová jednotka A s terasou na východní straně a lodžie na západní a východní straně, dále na tomto podlaží jsou komerční prostory C a D. Ve 3.NP jsou dvě bytové jednotky a to B a C. Bytová jednotka B je dispozičně stejná jako A, akorát zde není terasa pouze lodžie, bytová jednotka C je prvním patrem mezonetového bytu, na východní a západní straně jsou balkony. 4.NP je oproti 3.NP odsazené dovnitř, což vytváří na východní a západní straně terasy pro bytové jednotky D a druhé patro mezonetové jednotky C. Na střeše se nachází výstup na střechu.

Povrchová úprava střechy je provedena z vrstvy kačírku, na terasách a balkonech je dlažba. Odvodnění balkonů je řešeno pomocí vyspádování vně budovy a ukončením okapnicí.

## **5.2 Návrh možných variant zpětného využití odpadních vod**

Tématem bakalářské práce je využití odpadních vod a tím ušetřit spotřebu pitné vody ve zvoleném objektu. Jak můžeme odpadní vody zpětně využívat v bytových domech bylo popsáno v kapitolách 3.4 a 4.2. Vzhledem k typu objektu lze předpokládat, že činností u níž se spotřebovává nejvíce pitné vody a zároveň činností pro jejíž potřeby je možné využít provozní vodu, je splachování toalet.

První možností je využití pouze dešťové vody pro tento účel. Výhodou tohoto řešení by byla nízká pořizovací cena a jednoduchost systému oproti možnosti číslo dva. Pomocí výpočtů bylo zjištěno, že potřebné roční množství provozní vody pro splachování je  $462,09 \text{ m}^3/\text{rok}$  a roční odtok srážkových vod je  $237,76 \text{ m}^3/\text{rok}$ . Z těchto hodnot je patrné, že je nevýhodné používat pro splachování toalet pouze dešťovou vodu, jelikož by bylo nutné dopouštět polovinu objemu provozní vody vodou pitnou. [8]

Možností číslo dva je použití technologie pro čištění šedých vod a následné využití přečištěné šedé vody. Výhodou této varianty je pravidelná denní produkce šedé odpadní vody. Tím eliminujeme hrozbu, že budeme po delší časový úsek nuceni doplňovat systém provozní vody vodou pitnou jako u varianty jedna. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena. Z bilance šedé vody vyplývá, že denní produkce činí 1 026 litrů za den, ovšem provozní vody potřebujeme 1 266 litrů za den. Chybějící objem vody je nutné doplnit vodou pitnou, případně lze využít kombinaci s vodou dešťovou. [8]

Další možností jak lze využít odpadní vody v objektu, je využití tepelné energie šedých vod pomocí lokálních výměníků. Tato možnost šetří primárně energii potřebnou na ohřev teplé

vody. Nevýhodou v aplikaci těchto rekuperačních výměníků jsou požadované rozměry na sprchové kouty.

Vybranou variantou pro zvolený objekt bude kombinace dešťové a šedé vody. Provozní vodou z těchto zdrojů budou splachovány toalety.

## **5.3 Nakládání s odpadní vodou**

V daném objektu bude odpadní voda rozdělena na černou, šedou a dešťovou.

### **5.3.1 Černá voda**

Mezi černé vody v objektu řadíme odpadní vody z toalet, výlevek, myček nádobí, praček, kuchyňských dřezů, podlahových vpustí a dvou umyvátek u nichž se nevyplatí odvod do kanalizace šedé vody, z důvodu nutného přečerpávání. Tyto odpadní vody nebudou využívány a budou odvedeny do veřejné jednotné kanalizační sítě.

### **5.3.2 Šedá voda**

Za šedou vodu je považována odpadní voda ze sprchových koutů, umyvadel a umyvátek, až na dvě umyvátka popsaných výše. Šedé vody budou svedeny samostatným kanalizačním potrubím do technické místnosti ve větší severní části objektu v 1.PP. Zde bude následně vyčištěna pomocí čistírny šedých vod. Přечиštěná voda zde bude akumulována a dávkována do systému provozní vody.

### **5.3.3 Dešťová voda**

Dešťová voda ze střechy, teras a lodžii bude odváděna samostatným kanalizačním potrubím do akumulární nádrže na západní straně pozemku, kde bude akumulována a využita pro doplnění provozní vody v případě nedostatku bílé vody. Přebytková dešťová voda bude, vzhledem k nemožnému vsakování, odváděna do veřejné jednotné kanalizační sítě. Napojení proběhne před kanalizační přípojkou v revizní šachtě.

## **5.4 Zpětné využití odpadní vody**

Jak už bylo naznačeno v kapitole 5.2, v objektu bude navržen systém provozní vody, která bude určena pro splachování toalet. Provozní voda bude mít 3 zdroje. Primárním zdrojem bude bílá voda, sekundárním dešťová voda a až jako poslední možností bude voda pitná.

### 5.4.1 Bilance šedé vody

U produkce šedé vody z bytových jednotek je uvažováno, že na jednu koupelnu se vyprodukuje 42 litrů vody za den. Z toho pro sprchování připadá 35 litrů a pro osobní hygienu a mytí rukou 7 litrů. Pro komerční prostory je uvažováno s produkcí 6 litrů vody na jedno umyvadlo. [34]

U splachování toalet se nerozlišuje mezi malým a velkým spláchnutím z důvodu zjednodušení výpočtu. Místnost 1.C.01 Klubovna není vzhledem k nepravidelnému provozu zahrnuta ve výpočtu.

Účel objektu	Vybavení	Měrná jednotka	Počet měrných jednotek $n_{mj}$	Produkce šedé vody $q_{prod}$ [l/den]	Celková produkce šedé vody $Q_{prod,i}$ [l/den]
Bydlení	koupelna	obyvatel	23	42	966
Komerce	umyvadlo	personál	10	6	60
Objem celkové produkce šedé vody v objektu $Q_{prod}$ [l/den]					1 026

Tabulka 3 - Produkce šedé vody v objektu

Účel objektu	Vybavení		Počet lidí	Počet použití během dne jednou osobou $n$	Potřeba vody pro splachování $Q_{splach}$ [l/den]
	počet wc	objem nádrže [l]			
Bydlení	23	6	23	7	966
Komerce	4	6	10	5	300
Celkový objem vody potřebné pro splachování $Q_{splach}$ [l/den]					1 266

Tabulka 4 - Potřeba provozní vody pro splachování toalet

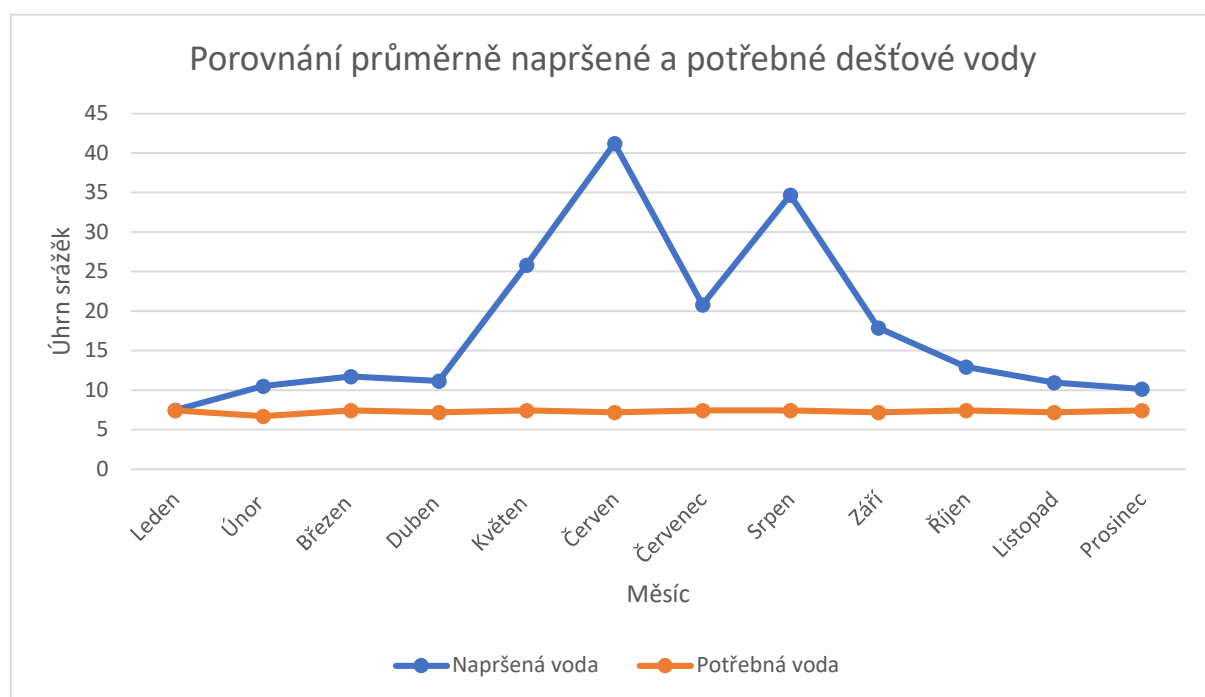
Z bilance produkce šedé vody a potřeby provozní vody vyplývá, že samotná vyprodukovaná šedá voda nepokryje potřebné množství provozní vody pro splachování toalet. Potřebný objem vody pro doplnění je 240 litrů za den. Tento chybějící objem bude zajištěn dešťovou nebo pitnou vodou.

### 5.4.2 Bilance dešťové vody

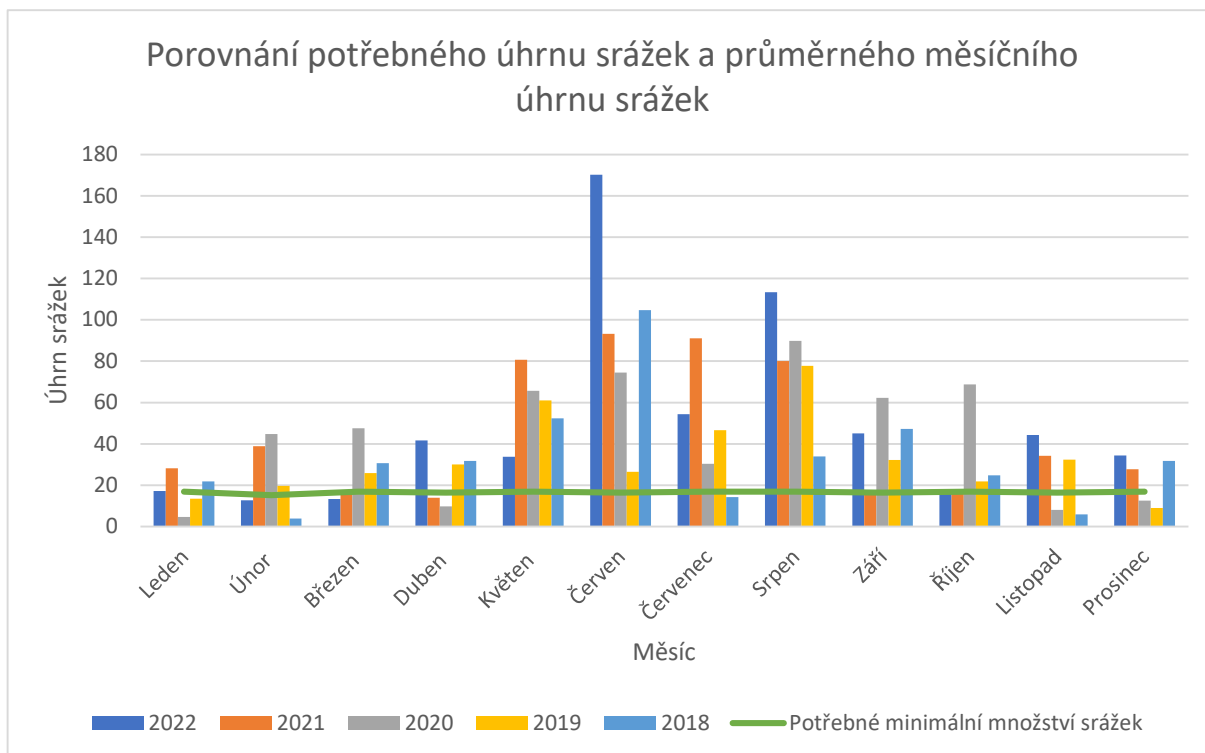
Navržená akumuláční nádrž na dešťovou vodu má objem 8 000 litrů, což je objem, kterým jsme schopni pokrýt měsíční potřebu na doplnění systému provozní vody. Průměrný měsíční úhrn srážek uvedený v tabulce 5, vychází z denních hodnot srážek pro město Kralupy nad Vltavou. Hodnoty jsou dostupné na stránkách Českého hydrometeorologického ústavu. Město Roztoky u Prahy nebylo na výběr, tudíž je uvažováno s nejbližším městem. [35]

Průměrný měsíční úhrn srážek za posledních 5 let [mm/měsíc]												
Rok	Měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2022	17	13	13	42	34	170	54	113	45	16	44	34
2021	28	39	16	14	81	93	91	80	17	16	34	28
2020	5	45	48	10	66	75	30	90	62	69	8	13
2019	13	20	26	30	61	26	47	78	32	22	32	9
2018	22	4	31	32	52	105	14	34	47	25	6	32
Měsíční průměr	17,0	23,9	26,7	25,4	58,7	93,8	47,3	79,0	40,7	29,5	25,0	23,1
Porovnání napršené a potřebné dešťové vody na doplnění provozní vody za měsíc [m <sup>3</sup> ]												
Napršená voda	7,5	10,5	11,7	11,2	25,8	41,2	20,8	34,7	17,9	13,0	11,0	10,1
Potřebná voda	7,4	6,7	7,4	7,2	7,4	7,2	7,4	7,4	7,2	7,4	7,2	7,4

Tabulka 5 - Průměrné měsíční srážky a porovnání objemu napršené a potřebné dešťové vody



Graf 1 - Porovnání průměrně napršené a potřebné dešťové vody



Graf 2 - Porovnání potřebného úhrnu srážek a průměrného měsíčního úhrnu srážek v jednotlivých letech

V grafu 1 je uvažováno s průměrnými hodnotami úhrnu srážek za posledních 5 let. Z tohoto grafu (případně z tabulky 5) lze pozorovat, že napršená dešťová voda pokryje množství chybějící provozní vody.

Sloupcová data na grafu 2 nám ukazují měsíční hodnoty úhrnu srážek v každém roce samostatně. Vodorovná křivka protínající tato data označuje minimální měsíční úhrn srážek, který je potřebný pro doplnění provozní vody za uvažovaného chybějícího objemu 240 litrů za den.

Z grafů je patrná už ta mnohokrát zmíněná nevýhoda dešťové vody. Hlavně z grafu 2 lze pozorovat rozdíly v měsíčním úhrnu srážek v jednotlivých letech. Ovšem i přes některé měsíce, kdy nedojde k naplnění požadovaného objemu, lze s dešťovou vodou pokrýt značné množství chybějícího objemu provozní vody a ušetřit co nejvíce vodu pitnou.

### 5.4.3 Popis navržené technologie

Pro zpětné využití odpadních vod budou použity výrobky od firmy ASIO.

Pro přečištění šedé vody bude použita čistírna šedých vod AS-GW/AQUALOOP 30 o akumulačním objemu 1 500 litrů. Nádrž bude umístěna v technické místnosti nacházející se ve větší severní části v 1.PP. Čistírna se skládá z reakční a akumulační nádrže. Přivedená šedá voda se nejdříve vyčistí v reakční nádrži. A následně bude přečerpána do akumulační nádrže

bílé vody, ze které bude napojena na provozní jednotku. Nadbytečná šedá voda bude odvedena skrz bezpečnostní přepad do přečerpávací stanice, odkud bude přečerpána do splaškové kanalizace.

Dešťová voda bude přivedena, mechanicky přečištěna a akumulována v nádrži na dešťovou vodu AS-REWA Kombi 8 EO o objemu 8 000 litrů. Nádrž bude umístěna v zemi na západní straně parcely. Z nádrže bude pomocí čerpadla a vodovodního potrubí odebírána voda pomocí řídicí jednotky. Přebytečná dešťová voda bude odvedena skrz bezpečnostní přepad do revizní šachty, odkud bude odvedena do jednotné veřejné kanalizační sítě.

Řídicí jednotkou systému pro dávkování provozní vody do systému budou dvě jednotky AS-RAINMASTER Favorite 20. První jednotka bude napojena na odběr z akumulární nádrže bílé vody a na druhou řídicí jednotku. V případě nedostatku bílé vody, první jednotka začne odebírat vodu z druhé jednotky, která bude napojena na akumulární nádrž dešťové vody a rozvod studené pitné vody.

## 6. Závěr

Ceny energií se zvyšují a pitné vody ubývá, proto je potřeba hledat náhradní zdroje, které nám pomohou v těchto dvou oblastech. Odpadní voda je na toto přímo stvořená, lze ji využít jako zdroj tepelné energie pro ohřev vody nebo jako náhradu za vodu pitnou u činnostech jakými jsou splachování toalet, praní, úklid, zvlaha, mytí aut.

V teoretické části bakalářské práce bylo obecně shrnuto, jak lze likvidovat a využívat odpadní vodu v bytových domech. Z těchto poznatků byly navrženy možnosti zpětného využití odpadních vod ve zvolném objektu. Následně byla vybrána varianta, jak se bude využívat odpadní voda v objektu pro komunitní bydlení. Navržený systém se zaměřuje na maximální nahrazení pitné vody vodou provozní na splachování toalet.

Praktická část bakalářské práce obsahuje projektovou dokumentaci zdravotní techniky v objektu pro komunitní bydlení.

## Seznam obrázků:

Obrázek 1 - Graf průměrné denní spotřeby vody v domácnosti [4].....	10
Obrázek 2 - Schéma kořenové čistírny odpadních vod [11] .....	13
Obrázek 3 - Schéma kompostovací toalety firmy Clivus-Multrum [16].....	14
Obrázek 4 - Schéma čistírny šedých vod AS-GW/AQUALOOP [18] .....	16
Obrázek 5 - Schéma lokálního integrovaného rekuperačního výměníku [22].....	17
Obrázek 6 - Schéma centrálního rekuperačního výměníku [23].....	17
Obrázek 7 - Mapa ročního úhrnu srážek na území České republiky [25].....	18
Obrázek 8 - Schéma jednotné (vlevo, uprostřed) a oddílné (vpravo) veřejné kanalizační sítě [28] .....	20
Obrázek 9 - Schéma akumulční nádrže firmy ASIO AS-REWA [29].....	21
Obrázek 10 - Vsakovací zařízení z hranatých bloků MEA [31] .....	22
Obrázek 11 - Vsakovací zařízení tunelového tvaru AS-KRECHT [32] .....	22
Obrázek 12 - Schéma vsakovací šachty [33] .....	23
Obrázek 13 - Schéma rozdělení objektu na části v 1.PP a 1.NP .....	24

## Seznam tabulek:

Tabulka 1 - Výpočet průměrného denního množství spotřeby pitné vody na činnosti, kde je možné nahrazení vodou provozní [4] [5] .....	10
Tabulka 2 - Výpočet průměrně ušetřeného denního množství pitné vody po nahrazení vodou provozní [4] [5] .....	10
Tabulka 3 - Produkce šedé vody v objektu .....	27
Tabulka 4 - Potřeba provozní vody pro splachování toalet.....	27
Tabulka 5 - Průměrné měsíční srážky a porovnání objemu napršené a potřebné dešťové vody .....	28

## Seznam grafů:

Graf 1 - Porovnání průměrně napršené a potřebné dešťové vody.....	28
Graf 2 - Porovnání potřebného úhrnu srážek a průměrného úhrnu srážek v jednotlivých letech .....	29



## Seznam použité literatury a zdrojů:

- [1] *Odpadní voda* [online]. Ravos [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.ravos-sro.cz/vse-o-vode/odpadni-voda/>
- [2] *Druhy odpadních vod* [online]. poradme.se, 2015 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: [http://poradme.se/index.php?title=Druhy\\_odpadn%C3%ADch\\_vod](http://poradme.se/index.php?title=Druhy_odpadn%C3%ADch_vod)
- [3] *Pitná voda* [online]. SČVK [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.scvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/>
- [4] *Spotřeba vody* [online]. SČVK, 2020 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.scvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>
- [5] *Spotřeba vody byla největší za 13 let, teď prudce zdražuje* [online]. Novinky.cz, 2022 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/clanek/ekonomika-spotreba-vody-byla-nejvyssi-za-13-let-ted-prudce-zdrazuje-40416368>
- [6] *Šedá a černá voda aneb Jak se dělí odpadní vody v domácnosti* [online]. ZAKRA, 2022 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://zakra.cz/blog/jak-se-deli-odpadni-vody-v-domacnosti/>
- [7] *Odpadní voda – odpad nebo poklad?* [online]. VTEI, 2016 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2016/04/odpadni-voda-odpad-nebo-poklad/>
- [8] *Využití šedé odpadní vody v domě, vyplatí se to?* [online]. VODARIUM, 2021 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://vodarium.cz/vyuziti-sede-odpadni-vody/>
- [9] *Domácí čistírna odpadních vod: od A do Z (2023)* [online]. ZAKRA, 2020 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://zakra.cz/blog/co-je-domaci-cistirna-odpadnich-vod/>
- [10] *Kořenová čistírna odpadní vod: Co to je a jak funguje?* [online]. COVBEZURADU.cz, 2023 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.covbezuradu.cz/korenova-cistirna-odpadni-vod-co-to-je-a-jak-funguje>
- [11] *Co je a jak funguje kořenová čistička* [online]. ZAKRA, 2022 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://zakra.cz/blog/co-je-korenova-cisticcka-a-jak-funguje/>
- [12] *Jak vyřešit odpad u rodinného domu a novostavby* [online]. ZAKRA, 2019 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://zakra.cz/blog/likvidace-odpadnich-vod/>

- [13] *Odpadní voda a kam snít?* [online]. Vodatest, 2022 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.vodatest.cz/odpadni-voda-a-kam-s-ni>
- [14] *Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. In: . 2002, 98/2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [15] *Zpětné využívání odpadních vod v domech pro bydlení* [online]. tzbinfo, 2014 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/11202-zpetne-vyuzivani-odpadnich-vod-v-domech-pro-bydleni>
- [16] *CLIVUS MULTRUM CONTINUOUS COMPOSTING* [online]. clivus multrum, 2022 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://clivusmultrum.com.au/blog/item/76-clivus-multrum-continuous-composting>
- [17] *HOW A CLIVUS MULTRUM WORKS* [online]. clivus multrum, 2022 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.clivusmultrum.com.au/science-and-technology/how-a-clivus-multrum-works>
- [18] *Čistírny šedých vod AS-GW/AQUALOOP* [online]. Asio [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/142.cistirny-sedych-vod-as-gw-aqualoop>
- [19] *Druhy vod podle kvality a požadavky na kvalitu vody* [online]. ESTAV.cz, 2018 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/5941.druhy-vod-podle-kvality-a-pozadavky-na-kvalitu-vody>
- [20] *Energie šedých vod* [online]. Asio [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/81.energie-sedych-vod>
- [21] *Využití tepla z šedých vod k ohřevu TUV* [online]. Asio, 2016 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/news/vyuziti-tepla-z-sedych-vod-k-ohrevu-tuv.601>
- [22] *Možnosti využití tepelné energie z odpadních vod* [online]. Vodovod.info, 2019 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.vodovod.info/kanalizace-a-cov/420-moznosti-vyuziti-tepelne-energie-z-odpadnich-vod>
- [23] *Výměníky AS-ReHeater* [online]. Asio [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/79.vymeniky-as-reheater>

- [24] *Nejvyšší průměrné roční srážky v ČR* [online]. Mapy.cz [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1913837&x=15.2733788&y=50.8443377&z=17>
- [25] *Mapy charakteristik klimatu* [online]. Český hydrometeorologický ústav, 2022 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>
- [26] *Odvod dešťové vody: Co říká zákon?* [online]. ZAKRA, 2022 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://zakra.cz/blog/odvod-destove-vody-zakon/>
- [27] *Rozdíl mezi retenční nádrží a nádrží na dešťovou vodu* [online]. Roth [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.destovka-roth.cz/retencni-vs-nadrz>
- [28] FROLÍK, Stanislav. ZDRAVOTNÍ TECHNIKA: VNITŘNÍ KANALIZACE, OCHRANA PROTI VZDUTÉ VODĚ. *Katedra technických zařízení budov* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz01/prednasky/125tz01-02.pdf?dt=1678445427>
- [29] *Nádrže na dešťovou vodu AS-REWA* [online]. Asio [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/85.nadrze-na-destovou-vodu-as-rewa>
- [30] *Jak vypadá vsakovací zařízení srážkových vod* [online]. tzbinfo, 2018 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/16968-hospodareni-se-srazkovymi-vodami>
- [31] *Vsakovací blok 600 l sada MEA* [online]. ProdomosLine [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.prodomosline.cz/vsakovaci-blok-600-l-sada-mea/>
- [32] *Návrh vsakovací šachty pro srážkové vody* [online]. Asio [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/91.vsakovaci-tunel-as-krecht>
- [33] *Návrh vsakovací šachty pro srážkové vody* [online]. tzbinfo, 2012 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/8546-navrh-vsakovaci-sachty-pro-srazkove-vody>
- [34] *Víte, kolik spotřebujete vody?* [online]. Vodohospodářská společnost Dobříš, 2015 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.vhs-dobris.cz/vite-kolik-spotrebujete-vody/>
- [35] *Denní data dle zákona 123/1998 Sb.* [online]. Český hydrometeorologický ústav, 2023 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb#>