

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování**



Bakalářská práce

**Znovuvyužití šedé a dešťové vody u soukromých
nemovitostí**

Jan Dostál

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Dostál

Krajinářství
Vodní hospodářství

Název práce

Znovuvyužití šedé a dešťové vody u soukromých nemovitostí

Název anglicky

Reuse of Gray and Rainwater on Private Properties

Cíle práce

Tato bakalářská práce je zaměřena na znovuvyužití odpadních vod, konkrétně na využití šedé a dešťové vody u soukromých nemovitostí. Bude provedeno vzájemné porovnání těchto dvou variant na vytipované nemovitosti. Porovnání bude provedeno z hlediska úspory pitné vody, finančních výdajů a realizace. Závěrem proběhne diskuze jednotlivých výhod, popřípadě nevýhod, a také posouzení výhodnějšího systému.

Metodika

Nejprve se student seznámí s platnou legislativou České republiky. Dále si vytipuje nemovitost, kde bude navržen systém pro úpravu šedých vod a sběrný systém pro využití dešťových vod. Následně proběhne seznámení s těmito systémy a popis principů fungování. Závěrem práce student porovná tyto dva systémy z hlediska úspory pitné vody, finančních výdajů a náročnosti realizace. Nebude chybět kapitola diskuze, kde budou vyzdvíženy jednotlivé výhody, popř. nevýhody, a také posouzení výhodnějšího systému.

Doporučený rozsah práce

40-50

Klíčová slova

Využití dešťové a šedé vody, pitná voda, odpadní vody

Doporučené zdroje informací

ŠÁLEK, Jan; TLAPÁK, Václav; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. TECHNICKÁ FAKULTA. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2006. ISBN 80-86769-74-7.

ŠÁLEK, Jan, Zdeňka ŽÁKOVÁ a Petr HRNČIŘ. *Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech*. Brno: ERA, 2008. 21. století. ISBN 9788073661250. *Dešťovka: jak zadržovat dešťovou vodu a využívat ji na zahradě a v domácnosti*. Brno: Permakultura (CS), 2021. Klíč k soběstačnosti. ISBN 978-80-907955-2-5.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lucie Poláková

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Konzultant

Ing. Pavel Černý

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2024

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Znovuvyužití šedé a dešťové vody u soukromých nemovitostí" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28.3.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Pavlu Černému za rady, výpomoc, konzultace a odborné vedení mé bakalářské práce, a také za poskytnutí materiálů a informací užitečných pro vypracování této práce. Dále děkuji mé rodině, hlavně své přítelkyni za pevné nervy a podporu po celou dobu studia na České zemědělské univerzitě v Praze, obzvláště při psaní této práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku hospodaření s šedou a dešťovou vodou u soukromých nemovitostí, konkrétně na možné implementace systémů sloužících na znovuvyužití šedé a dešťové vody u zvoleného objektu. V teoretické části se práce zaměřuje na právní prostředí týkající se odvětví znovuvyužití odpadních vod v soukromých nemovitostech. Dále popisuje a definuje jednotlivé pojmy z oblasti odpadních vod.

V praktické části je představena lokalita a objekt, na který s pomocí výpočtů produkce šedé vody a možného zisku dešťové vody, proběhl návrh systému využívající šedé vody a systému využívající dešťové vody, za účelem zhodnocení efektivity těchto systémů z hlediska využití vyčištěných vod, úspor pitné vody a ekonomické návratnosti investice.

V závěru jsou prezentovány jednotlivé výsledky a analýzy zvolených variací, které slouží pro praktické využití při volbě nejvhodnějšího systému pro znovuvyužití odpadní vody v soukromé nemovitosti.

Klíčová slova: šedá voda, dešťová voda, znovuvyužití vody, hospodaření s vodou

The Reuse of Grey and Rainwater on Private Properties

Abstract

This bachelor's thesis is focused on the issue of grey and rainwater management in private real estate, especially on the possible implementation of systems for the reuse of grey and rainwater at the chosen object. In the theoretical part, the thesis focuses on the legal environment related to the sector of wastewater reuse in private real estate. It also describes and defines individual concepts from the field of wastewater.

In the practical part, the location and object are presented, for which, based on calculations of greywater production and possible rainwater gain, systems utilising greywater and rainwater were designed to evaluate the effectiveness of these systems in terms of the usage of purified water, drinking water savings and economic return on investment.

Ultimately, individual results and analyses of selected variations are presented, which are practical when choosing the most suitable system for reusing wastewater in a private property.

Keywords: greywater, rainwater, water reuse, water management

Obsah

1. Úvod	10
2. Legislativa	11
3. Odpadní vody	13
3.1 Definice odpadních vod	13
3.2 Systémy odvádění odpadních vod.....	14
3.2.1 Centralizovaný systém.....	14
3.2.2 Decentralizovaný systém	15
3.3 Černá voda	15
3.4 Šedá voda	15
3.4.1 Využití šedých vod jako zdroj energie	16
3.4.2 Rizika při využití šedých vod	17
3.4.3 Čištění a úprava šedé vody	17
3.4.4 Požadavky při akumulaci šedé vody.....	19
3.5 Užitéková a provozní voda	20
3.6 Dešťová voda	20
3.6.1 Znečištění dešťových vod.....	21
3.6.2 Úprava dešťových vod.....	21
3.6.3 Požadavky při akumulaci dešťové vody.....	22
4. Návrh zařízení k využití šedé a dešťové vody	23
4.1 Představení lokality a objektu	23
4.2 Varianta hospodaření s šedou vodou.....	24
4.2.1 Stanovení množství produkované šedé vody	24
4.2.2 Stanovení denní potřeby nepitné vody (provozní).....	25
4.2.3 Posouzení využití šedé vody.....	27
4.2.4 Stanovení objemu akumulačních nádrží na šedé vody	27
4.3 Varianta hospodaření s dešťovou vodou.....	28
4.3.1 Stanovení dostupného množství dešťové vody.....	28
4.3.2 Stanovení roční potřeby nepitné vody (provozní)	30
4.3.3 Posouzení využití dešťové vody	32
4.3.4 Stanovení objemu akumulačních nádrží na dešťové vody	33
4.4 Investiční návrh.....	34
4.4.1 Návrh systému pro hospodaření s šedou vodou na splachování.....	34
4.4.2 Návrh systému pro hospodaření s dešťovou vodou na splachování.....	35
4.4.3 Návrh systému pro hospodaření s dešťovou vodou na zahradě.....	37
4.4.4 Vyhodnocení ušetřených financí za pitnou vodu.....	38
4.4.5 Dotační programy	39
5. Diskuze	41

6. Závěr.....	43
7. Seznam literatury	44
7.1 Legislativní materiály – zákon, vyhláška, norma:	44
7.2 Odborné knihy:.....	44
7.3 Článek v odborném periodiku:.....	45
7.4 Internetový zdroj – monografie, článek na webových portálech:	45
8. Seznam obrázků a tabulek	47
8.1 Seznam obrázků	47
8.2 Seznam tabulek	47

1. Úvod

V současné době žije více než polovina populace ve městech, což vede k intenzivní urbanizaci. Tento proces výrazně narušuje přirozený cyklus vody. Je tedy nezbytné hledat řešení pro udržení zásob vody na Zemi a pro zahájení udržitelného hospodaření s vodou zejména v oblastech, které byly dříve nedotčeny lidskou činností.

Hlavním cílem je přiblížit urbanizovaná území co nejvíce k přírodnímu koloběhu vody. Současný systém, který rychle odvádí vodu ze zpevněných ploch, není optimální. Voda se v zastavěných plochách nemůže infiltrovat, tímto vlivem dochází ke zvýšení povrchového odtoku, který způsobuje lokální záplavy a erozi půdy, což má negativní dopady na města i zemědělské oblasti.

Jedním z možných řešení tohoto problému je zavádění opatření pro znovuvyužívání šedé a dešťové vody u jednotlivých nemovitostí, které vedou k udržitelnému a efektivnímu využití dostupných zdrojů v místě jejich vzniku. Dešťové vody ze sběrných ploch střech jsou vhodné k akumulování do nádrží a následnému využití pro různé účely, jako je např. zavlažování či splachování toalet apod. Další možností je vsakování dešťové vody do půdy, čímž dochází k obnově spodní vody, a tím pádem se voda navrácí do přirozeného koloběhu.

Při využití zařízení na šedou vodu jsou nejvhodnější šedé vody z van, sprch, umyvadel apod., které jsou jen mírně znečištěné a můžou být znovu využity k dalším účelům. V obou případech lze dosáhnout úspory pitné vody a napomocť tak k ochraně přírodních ekosystémů.

Využitím dešťové a šedé vody lze efektivně zvýšit dostupnost vody a ochránit tak jeden z nejcennějších zdrojů naší planety, který je zásadní pro lidský život.

2. Legislativa

Znovuvyužití šedé a dešťové vody představuje zásadní prvek udržitelného vodního hospodářství a přístupu k ochraně životního prostředí. U soukromých nemovitostí se jedná o efektivní způsob využití energie z odpadních vod, při využití recyklovaných vod je snížena spotřeba pitné vody, což má příznivý ekonomický efekt a zároveň je méně zatěžován kanalizační systém srážkovými vodami, jelikož v době deště srážková voda není odváděna kanalizací. Legislativa v této oblasti hraje zásadní roli z hlediska uplatnění opatření při znovuvyužití vod. (Plotěný 2013)

Tato kapitola se zaměřuje na jednotlivé zákony a normy, které v rámci právního prostředí formulují standardy, doporučení, postupy a povinnosti, které se týkají znovuvyužití šedé a dešťové vody v soukromých nemovitostech.

- **Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)** – Cílem tohoto zákona je ochrana povrchových a podzemních vod, které jsou důležitým a nepostradatelným přírodním zdrojem. Součástí tohoto zákona je stanovení pravidel pro využití a nakládání s vodou a pro její zachování. Dále slouží k zajištění prevence před nedostatkem pitné vody, ke zlepšení kvality povrchových a podzemních vod, ke snížení negativních dopadů povodí a sucha a k zajištění bezpečnosti vodních děl. Záměrem je tedy zabezpečení zásoby pitné vody pro obyvatelstvo a ochrana vodních a souvisejících ekosystémů. (Zákon č. 254/2001 Sb.)
- **ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích** – Tato norma slouží jako předpisová norma při projektování, výstavbě, provozu a údržbě zařízení určených k využití šedých a povrchových srážkových vod v budovách a u přilehlých pozemků. Součástí obsahu této normy je jakost nepitné vody vzniklé úpravou šedých a povrchových srážkových vod neboli provozní vody, metody čištění těchto vod a využití šedé vody jako zdroje tepla. (ČSN 75 6780)
- **ČSN 75 6781 Zařízení pro využití nepitné vody a místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod** – Tato norma stanovuje požadavky a zmiňuje doporučení při projektování, dimenzování, zapojení, značení, uvedení do provozu a údržby zařízení určených k využití srážkových vod na místě. Tyto srážkové vody slouží jako alternativa k pitné vodě, ačkoliv se jedná o vodu nepitnou. Norma dále stanovuje minimální požadavky pro tato zařízení. (ČSN 75 6781)

- **ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod** – Tato norma je v závislosti na právních předpisech zaměřena na metodu vsakování srážkových povrchových vod, která je jednou z možností při hospodaření s touto vodou. Dále vymezuje pravidla při návrhu, výstavbě a provozu povrchových a podzemních vsakovacích zařízení. Při řešení návrhu, jak bude srážková voda využita, je zásadní geologický výzkum a posouzení, z kterého řešitel odvodňovaného území nebo nemovitosti vychází. Při nesplnění podmínek pro vsakování srážkových povrchových vod určených touto normou, je při hospodaření se srážkovou vodou nezbytné postupovat v souladu s ČSN 75 6101 a požadavky stanovenými provozovatelem kanalizace a správcem povodí. (ČSN 75 9010)
- **TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami** – Tato norma řeší hospodaření se srážkovými vodami u stavebních pozemků s decentralizovaným systémem (uvádí i centralizované) a problematiku, která je s tímto tématem spojená. Dále popisuje decentralizované systémy, stanovuje výpočty potřebné k dimenzování těchto objektů a uvádí informace potřebné k jejich provozu a následné údržbě. (TNV 75 9011)
- **ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace** – Tato norma slouží jako předpisová norma při návrhu, realizaci, zkoušení a provozu gravitačních systémů vnitřní kanalizace, zároveň doplňuje požadavky dalších příslušných norem. Kromě vnitřní kanalizace v budovách se také vztahuje na část kanalizace vedené vyústěním z budovy k místu, kde začíná kanalizační přípojka, případně žumpa nebo vodní recipient. (ČSN 75 6760)
- **ČSN 75 7143 Jakost vod. Jakost vody pro závlahu** – Tato norma slouží k posouzení jakosti vody a k použití doplňkové závlahy při vláhovém nedostatku. (ČSN 75 7143)

3. Odpadní vody

3.1 Definice odpadních vod

Dle Zákona o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) č. 254/2001 Sb., § 38 odstavec (1) jsou odpadní vody definovány jako „vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu) a jejich směsi se srážkovými vodami, jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody vznikající při provozování skládek a odkališť nebo během následné péče o ně z odkališť.“

Podle Novotné (2001) je odpadní voda rozdělena na tři druhy – splašková, průmyslová a městská odpadní voda.

• Splašková odpadní voda

Splaškové vody (splašky) jsou odpadní vody pocházející z domácností a sociálních zařízení, tím je myšleno z kuchyní, koupelen, umýváren a toalet bez obsahu průmyslových odpadních vod. Díky svému složení jsou tyto vody snadno čistitelné pomocí biologického čištění. (Bindzar 2009)

• Průmyslová odpadní voda

Mezi průmyslové odpadní vody se řadí různorodé skupiny odpadních vod, které se v mnoha případech význačně liší od splaškových vod. Množství a složení těchto vod se odvíjí od výrobního charakteru každého samotného podniku a jeho systému vodního hospodářství. Charakter průmyslových odpadních vod se odlišuje u konkrétních druhů průmyslového odvětví, a také lze rozlišit v okruhu stejného oboru, kde záleží na zvolené výrobní technologii. Další charakteristikou těchto vod je četné kolísání objemů a koncentrací během krátkodobých časových intervalů. V dlouhodobém časovém rozmezí jsou tyto vody také nestálé a proměnlivé, jelikož se technologie pro výrobu a čištění postupem času vyvíjí, nově vzniknuté odpadní vody mění své složení a množství (objem a koncentraci), čímž se ztratí některé polutanty a jiné opět vznikají. U většiny průmyslových odvětví vzniká několik různých toků odpadních vod, které mají odlišné vlastnosti a lze je rozdělit do dalších skupin. (Bindzar 2009)

• **Městská odpadní voda**

Městské odpadní vody jsou ve většině případů kombinací splaškových odpadních vod a průmyslových odpadních vod. V případě, že dané město nemá žádné průmyslové podniky, je zbaveno průmyslových vod a městské odpadní vody jsou pouze splaškovými odpadními vodami. (Bindzar 2009)

3.2 Systémy odvádění odpadních vod

Pro odvádění a opětovné využití odpadních vod existují dva systémy. Centralizované a decentralizované systémy. (Beránková 2016)

3.2.1 Centralizovaný systém

Principem centralizovaného systému čištění odpadních vod je jejich shromáždění a následný transport z jednotlivých nemovitostí a veřejného prostranství rozsáhlým stokovým systémem k centrálnímu systému čištění – (čistírna odpadních vod). Centrální čistírny odpadních vod mohou být mnoha typů a rozdělují se hlavně podle velikosti a typu čistírenského procesu. Co se týče financí, samotné náklady na vybudovanou stokovou síť bývají často vyšší než na výstavbu čistírny odpadních vod. (Hlavínek, P., Mičín, J. a Prax, P., 2001)

K odvedení vod ze zájmového území existují tři typy stokových soustav – jednotná stoková soustava, oddílná stoková soustava a modifikovaná stoková soustava. (Šálek 2012)

• **Jednotná stoková soustava**

Je jednotná soustava nebo také jednotný systém, který slouží ke společnému odvodu odpadních vod a srážkových povrchových vod jednou společnou soustavou. (ČSN 750160)

• **Oddílná stoková soustava**

Je oddílná soustava nebo také oddílný systém, který obvykle tvoří dvě stoky, z nichž jedna stoka odvádí odpadní vody a druhá stoka srážkové povrchové vody (ČSN 750160)

• **Modifikovaná stoková soustava**

Jedná se o kombinaci jednotné a oddílné stokové soustavy. Tato soustava bývá ideálním řešením v rámci jednotlivých urbanizovaných území z hlediska soustavného odvodnění potřebných ploch, které závisí na místních možnostech a výhledových požadavcích. (Šálek 2012)

3.2.2 Decentralizovaný systém

Systém decentralizovaného zacházení a opětovného využívání odpadních vod v zahraničí nazývaný zkratkou DESAR (decentralised sanitation and reuse) je řešením u samostatných či skupinových nemovitostí určitého území, kde jsou odpadní vody separovány a čištěny přímo u zdroje. Jednotlivé nemovitosti jsou tedy opatřené čistícím nebo akumulacním zařízením, u skupinových nemovitostí je možnost odvodu do jednoho společného zařízení. Vzniklé recyklované vody jsou zužitkovány k dalším účelům, což vede k úsporám pitné vody, a tím pádem i finančních nákladů. Hlavní myšlenkou tohoto systému je vnímat odpadní vodu jako cennou surovinu zpracovatelnou v místě jejího vzniku. (Beránková 2016)

3.3 Černá voda

Dle ČSN EN 12056-1 (756760) Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy je černá voda splašková odpadní voda, která obsahuje fekálie a moč.

Pomocí speciálních zařízení lze černou vodu rozdělit na část žluté vody obsahující močovinu, rozpuštěné soli, nutrienty a jiné organické látky a část hnědé vody obsahující fekálie, které obsahují složky dusíku, fosforu a další biogenní látky. Z důvodů velkého mikrobiologického znečištění – obsahu bakterií, plísní nebo virů je hygienicky nebezpečná. Je tedy určena k čištění na čistírnách odpadních vod, kde po vyčištění může být znovu využita, avšak pomocí určitých technologií lze využít k účelům hnojení. (Mifková T. 2011)

3.4 Šedá voda

Dle ČSN EN 12056-1 (756760) Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy je šedá voda nazývána jako splašková odpadní voda, neobsahující fekálie a moč.

Šedé vody jsou rozděleny na skupinu neseparovaných šedých vod, šedé vody z kuchyní a myček, šedé vody z praček, šedé vody z umývadel, van a sprch. Po úpravě těchto vod je možné výslednou vodu využít jako vodu provozní (tzv. bílá voda¹) pro účely splachování či zavlažování. Další možností využití šedých vod je rekuperace tepla. (Šálek 2012)

Šedá voda je vhodná jako stálý zdroj recyklovatelné vody, jelikož není nijak ovlivněna klimatickými změnami na rozdíl od dešťových vod, které závisí na daném ročním období.

¹ Bílá voda nebo také provozní voda je nepitná voda vzniklá úpravou šedé vody.

ŠÁLEK, Jan a kolektiv. Voda v domě a na chatě – Využití srážkových a odpadních vod. Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.

Začleněním recyklace šedých vod a jejich následným využití ke splachování je možné snížení celkové spotřebované pitné vody až o 26 %, při použití k zavlažovacím účelům je možné snížení o více než 40 % (Penn, R., M. Hadari, and E. Friedler, 2012).

Šedé vody v domácnostech čítají až 35 % celkové spotřebované vody. Poměrně velký objem čistých šedých vod produkují větší objekty – například hotely, restaurace, sociální zařízení, administrativní budovy a jiná veřejná zařízení. Čistější šedé vody, které není třeba tolik čistit, jsou ideální pro zavlažování rostlin. Teprve dodatečně vyčištěné šedé vody lze využít k splachovacím účelům. Vody ze dřezů a myček nádobí nejsou vhodné pro opětovné využití, jelikož mají vysoký obsah biogenního odpadu, tuků a látek z čistících prostředků, recyklace těchto vod je tedy nejen obtížná, ale i nákladná. Znovuvyužití šedých vod je ekologickým přínosem z hlediska ochrany životního prostředí, ale také výhodnou investicí z důvodů narůstající ceny vody v České republice. (Raclavský J., Hlušík P., Biela R., Raček J., Bartoník A., 2012)

3.4.1 Využití šedých vod jako zdroj energie

Při současném nárůstu cen energií a zpřísnujících se pravidel energetické náročnosti v novostavbách je využití energie z odpadních vod vhodnou alternativou, jak se s těmito problémy vypořádat. Využitím teploty odpadní vody, lze zredukovat energetickou spotřebu v objektu, která je potřebná na ohřátí a vytápění teplé vody, což může mít kladný ekonomický efekt z hlediska snížení nákladů na přípravu teplé vody. Vypracováním takového opatření lze splnit požadavky energetické náročnosti v novostavbách, ale i u stávajících objektů, a zároveň tato cesta vede ke snížení emisí oxidu uhličitého. Teplota šedých odpadních vod je ovlivněna různými faktory, proto se její teplota pohybuje mezi 18–38 °C, čímž může být vhodným zdrojem tepla. Průměrná teplota šedé vody se odvíjí, od teplého a chladného podílu této vody. Při vyšší teplotě bude efektivita získávání tepla z odpadních vod vyšší, z tohoto důvodu je tato opatření ideální navrhovat v budovách jako jsou například prádelny, wellness, bazény, sportovní budovy apod., jelikož se jedná o místa se soustavnou a vysokou spotřebou teplé vody. Při návrhu těchto opatření u objektů s nízkou spotřebou teplé vody je nejprve nutné zhodnotit jednotlivé faktory, které jsou pro realizaci nepříznivé (efektivita, pořizovací náklady atd.). Samotné technické řešení závisí na mnoha okolnostech, a to na možnostech využití tepla, množství produkovaného tepla, způsobu přípravy teplé vody, umístění tepelného zdroje pro ohřev teplé vody a možnosti umístění technologie v prostoru. Při technickém návrhu lze využít tepla z odpadních vod

pomocí tepelných výměníků nebo jako hlavní zdroj energie tepelného čerpadla. (Číhal B., 2016)

3.4.2 Rizika při využití šedých vod

Při využití šedých odpadních vod je potřeba počítat s riziky, která jsou s tímto úskalím spojená – nebezpečí výskytu mikropolutantů a hygienické riziko. Touto problematikou se například zabývá Ministerstvo zdravotnictví státu Washington, které povoluje používání šedých vod pouze k zavlažovacím účelům, a to v případě příznivých klimatických podmínek. Tento zákon rozlišuje šedé vody dle obsažených znečišťujících látek, a to na světle šedé vody nebo tmavě šedé vody. Světlé šedé vody obsahují nízkou koncentraci patogenů, chemikálií, tuků a olejů naopak tmavě šedé vody obsahují větší množství těchto látek. Hygienickému nebezpečí, které vzniká při infekci z aerosolů, lze zamezit při použití vody ke kapkové závlaze. Dalším rizikem je kontaminace pěstovaných plodin z důvodu možného přenosu mikropolutantů na zavlažované území. (Beránková, M., Vološinová, D., Stejskalová, L., Čejková, E., 2017)

3.4.3 Čištění a úprava šedé vody

Hlavními požadavky na vyčištěnou šedou vodu jsou, aby byla hygienicky neriziková (vhodná pro lidskou spotřebu), bez obsahu plovoucích částic, v optimálních případech bezbarvá a v případě shromažďování by měla být bez zápachu.

K čištění a úpravě šedých vod je třeba zvolit vhodnou technologii, ta musí být navržena tak, aby se zamezilo vzniku nebezpečí pro veřejnost. Při návrhu je také nutné zohlednit původ šedé vody a činnosti, při kterých šedá voda vznikla, jelikož například šedé vody z kuchyní a kuchyňských provozů jsou náročnější z hlediska čištění kvůli složitému procesu odstranění tuků, které jsou součástí šedých vod i vod vzniklých mytím nádobí. Na navrženou čistírnu šedých vod se musí přivádět pouze šedé vody, protože návrh je vytvořen dle typu přiváděné odpadní vody. Navrhovaný způsob čištění závisí na požadavcích na jakost čištěné šedé vody a eventuálně na plánovaných účelech s touto vodou. Dělení technologií k čištění šedých vod se rozlišuje podle použitého typu čistícího procesu těchto vod, a to na: čištění mechanické, chemické, fyzikální, biologické a čištění přírodními způsoby. (ČSN 75 6780)

• Mechanické čištění

Princip mechanického čištění vod je založený na usazování tedy sedimentaci a filtraci. Pro mechanické předčištění jsou vhodné objekty sedimentační nádrže, česlí, spádových a rotačních sít. Pokud do předčišťovacího zařízení přitékají kuchyňské vody je třeba lapáku tuku. Zvolené objekty musí být navrženy na maximální hodinový přítok šedé vody Q_h v l/h. Doporučené rozměry šterbin česlí, spádových a rotačních sít jsou 0,2 – 3 mm dle závislosti dalšího čistícího stupně. Při využití membrán, kterých je třeba z důvodů výskytu vlasů a jejich následnému zachycení, jsou rozměry česlí a sít doporučené výrobcem na 0,2 – 5 mm. Nádrže na sedimentaci mohou mít tvar kruhu, obdélníku nebo čtverce, musí ale být navrženy tak, aby zamezily turbulentnímu proudění, které má špatný vliv na sedimentační proces. (ČSN 75 6780)

• Chemické čištění

Je systém čištění šedých vod, kdy se do odpadní vody přidávají různé chemické látky pro jejich vyčištění. Fyzikálně chemický proces čištění šedých vod používá koagulanty, které jsou ve většině případů na bázi železa a hliníku. Účinky těchto látek dochází k procesu koagulace, která je účinná při čištění šedých vod z prádelen a procesu flokulace, po kterých následuje sedimentace nebo filtrace, aby se tyto látky oddělily. Proces čištění pomocí fotokatalýzy je optimální v případě, že čištěné šedé vody obsahují rozpustné organické látky, které vodu znečišťují. K zneškodnění velkého zastoupení xenobiotik a těžko odstranitelných látek jako jsou kosmetické přípravky je zapotřebí pokročilých oxidačních procesů. (ČSN 75 6780)

• Fyzikální čištění

Čištění šedých vod pomocí fyzikálních procesů je založené na principu adsorpce, tedy hromadění nerozpuštěných látek na filtračním podloží a procesů s membránovou filtrací. K filtraci jsou vhodné materiály z křemičitého písku, aktivního uhlí nebo antracitu, který se volí dle složení čištěné šedé vody. (ČSN 75 6780)

Při filtraci za pomoci membrán je nejčastějším používaným typem mikrofiltrace a ultrafiltrace. Tato technologie membrán tvoří zábrany nežádoucích látek, které zamezují jejich průniku, zatímco čistá voda protéká dál. Tato metoda má své výhody a nevýhody.

Hlavní výhodou je, že při tomto procesu zadržené látky nemění nijak svoje vlastnosti, nevýhodou je zanášení membrán, což omezuje dobu využívání této technologie. (Dohányis M., Koller J., Strnadová N., 1998)

• **Biologické čištění**

Mezi čistící systémy tohoto typu čištění se zařazují biofilmové reaktory, aktivační nádrže, membránové bioreaktory a biologické provzdušňovací filtry. Hlavním způsobem čištění je aktivace, kde dochází k procesu mezi směsí odpadních vod a aktivovaného kalu, který způsobuje provzdušňování této směsi. Aktivovaný kal je skupina organismů způsobující proces čištění. Tento čistící děj probíhá v aktivačních nádržích a je doporučeným systémem u zařízení s vysokou produkcí šedé vody, zároveň se jedná o efektivní systém z hlediska vyčištění přivedených odpadních vod. K úpravě šedých vod se navrhuje zvolit starší kaly s méně zatěžovaným systémem z důvodu obnovování membrán. (ČSN 75 6780)

• **Dezinfikování čištěné šedé vody**

Při úpravě šedých vod v bytových domech, které jsou dle ČSN 73 43 stavby pro bydlení, ve kterých převažuje funkce bydlení a u staveb občanského vybavení sídlišť je třeba, aby byly k čistícímu procesu přidány dezinfekční metody, které napomáhají k zneškodnění nebo inaktivaci patogenních organismů, které se v čištěné vodě nacházejí. Při vyhodnocení analýzy z hlediska zdravotního rizika čištěné vody dané normou ČSN ISO 20426 lze v určitých případech vynechat dezinfekční dočištění. Způsoby čištění pomocí dezinfekce jsou chemické a fyzikální. Chemický dezinfekční způsob využívá k dezinfekci všemožné formy chloru, u velkých objektů ozonu, případně se zde zařazují složité oxidační metody. Nejpoužívanějším fyzikálním dezinfekčním způsobem je použití ultrafialového záření, které na rozdíl od chemických metod nemá vliv na chemickou kvalitu čištěné šedé vody. Dalším způsobem je využití membránové filtrace. Metoda použití ultrafialového záření je účinná za předpokladu, že splňuje požadavky přečištěné šedé vody, které jsou dány příslušnými normami, které se danou problematikou zabývají. (ČSN 75 6780, ČSN 73 43)

3.4.4 Požadavky při akumulaci šedé vody

Při akumulaci čištěné šedé vody je nezbytné, aby se zajistilo co nejmenšímu nárůstu mikroorganismů. V první řadě je vhodné akumulační nádrž tepelně zaizolovat. Dále je vhodné nádrž zapustit do země nebo ji umístit v suterénu z důvodů ochrany před denním světlem a zdroji tepla, je-li takové řešení možné. V případě, že se nepoužije dezinfekce,

shromažďovaná voda by se neměla shromažďovat déle než 24 hodin z důvodů zdravotního rizika. Akumulovat lze i nevyčištěnou šedou vodu, ale pouze v množství, které zajistí souvislý chod provozního zařízení. Při přebytku čištěných šedých vod je možné využití těchto vod k zavlažovacím účelům. (ČSN 75 6780)

3.5 Užitková a provozní voda

- **Užitková voda** není hygienicky riziková, avšak není používána k pití a účelům vaření. Ze zdravotního hlediska musí splňovat stejné požadavky na kvalitu jako má pitná voda, ale co se týče všech kritérií, nejsou na některé její vlastnosti kladeny tak přísné požadavky jako u vody pitné. (Sýkora V., Kujalová H., Pitter P. 2016)

- **Provozní voda** je voda, která je využívána k výrobním účelům a nevýrobním účelům – tím je myšleno chlazení, mytí, rozpouštění surovin apod. Kvalita provozní vody závisí na plánovaném způsobu využití této vody, požadavky na kvalitu jsou tedy specifikovány dle jednotlivých účelů. Možné záměry s provozní vodou se rozdělují na účely chladicí, plavicí, prací, mycí, čistící apod. Ve výrobních továrnách je nutné zajištění takových opatření, které zamezí výměně provozní vody s užitkovou a pitnou vodou. V některých případech se odlišuje i voda výrobní, která vzniká při výrobním procesu a je následnou součástí vyrobeného produktu. (Sýkora V., Kujalová H., Pitter P. 2016)

3.6 Dešťová voda

Dešťová voda je v současnosti praktickým zdrojem pro hospodaření s vodou, jak v domácnosti, tak i na zahradě. Tento přírodní produkt je ideální pro zavlažovací účely, jelikož neobsahuje chlór, minerály a sůl. Půda tedy není zasolována a nemění se její vlastnosti, které by mohly mít za následek snižování úrodnosti. Ve srovnání s pitnou vodou je mnohem měkčí, tím zajišťuje snížení výskytu vodního kamene, a je tedy ideální k praní prádla. V domácnosti lze být dále užívána k úklidovým a čistícím pracím, mytí vozidel či splachování. (KREJČÍ, V. a kol., 2002)

Optimální hospodaření s dešťovou vodou znamená využití vody k činnostem v domácnosti, kde se nevyžaduje jakost pitné vody, při souhlasu náležitého vodohospodářského orgánu odvedení vody odvodní stokou nebo vsáknutí přímo v místě jejího dopadu, čímž je ulevena kanalizační síť od přetížení. Vsakování je možné a má význam u nezpevněných, propustných ploch, pokud je vhodný tvar pozemku a v lokalitách s nedostatkem podzemní vody. Vsakování tedy není možné provést, pokud nejsou splněné

určité podmínky. Výhodami vsakovacího řešení jsou nižší finanční náklady oproti stavebním nákladům pro dešťovou kanalizaci, obnova spodní vody a vrácení vody do přirozeného koloběhu. Před řešením vsakovacího systému je nutný výzkum kvality srážkových povrchových vod a horninového prostředí dané lokality, kde se bude voda vsakovat. Zároveň vsakovací systém předmětného pozemku nesmí způsobit škody na okolních stavbách, pozemcích apod.

(Böse 1999, ČSN 75 9010, 2016)

3.6.1 Znečištění dešťových vod

Míra znečištění dešťových vod je ovlivněna různými faktory, jelikož závisí na jednotlivých urbanizovaných územích, u kterých se liší množství znečišťujících látek v ovzduší a materiálů užívaných odvodňovaných ploch. Rozsah znečištěného ovzduší závisí na reliéfu, meteorologických podmínkách a množství emisních zdrojů příslušné lokality. Při úmyslu hospodaření s dešťovou vodou je zásadní brát v potaz znečištění vzniklé přenosem látek z atmosféry k zemskému povrchu, tím jsou myšleny jemné částice, těžké kovy, organické sloučeniny nebo také dusík a fosfor. Dalším možným znečištěním je znečištění vzniklé materiály odvodňovaných ploch, ze kterých do dešťové vody proniká např. vápník, hliník, zinek, organické látky apod. Při využívání a údržbě odvodňovaných ploch vzniká znečištění různými látkami jako jsou exkrementy, listí, oleje, nerozpuštěné látky, těžké kovy atd. U odtékající vody ze střech je kvalita vody ovlivněna množstvím znečištěné příměsi uložené na střešní ploše – tedy suché a mokré depozici, a také typem střechy a jejím materiálem. Ploché střechy zadržují větší míru znečištění ze suchých a mokrych depozic než střechy šikmé. Při odvodu dešťových vod odvodňovacím systémem ze zatravněných ploch, vlivem erozních smyvů může s odvedenou dešťovou vodou odtékat velké množství nerozpuštěných látek různého původu. Vlivem znečištění nerozpuštěnými látkami, uhlovodíky a těžkými kovy lze míru znečištění srážkových vod u různých ploch obecně posoudit jako nízkou, střední a vysokou. (TNV 75 9011)

3.6.2 Úprava dešťových vod

Při úmyslu využití srážkové povrchové vody je doporučeno přednostně použít vody, které jsou odváděny z povrchu střech. V případě jejich použití je nutné brát v potaz jejich možné znečištění, pocházející z odvodňovací plochy nebo jiného zdroje nacházejícího se v dané lokalitě. V průmyslových zónách a v místech s intenzivní dopravou může docházet k výrazně vyššímu znečištění z důvodu vysokého obsahu prachu a emisí dalších

škodlivých látek, které se rozpouštějí i nerozpouštějí ve vodě. Ve většině případu stačí na využití srážkových povrchových jednoduché mechanické metody čištění, které se v opodstatněných situacích doplňují dezinfekcí, která napomáhá čištění a zneškodnění nežádoucích látek. Ve stavbách občanského vybavení sídlišť je návrh čistících metod srážkových povrchových vod vždy doplněn o dezinfekci. V případě využití srážkové povrchové vody uvnitř objektů, které se nacházejí v místech s větším obsahem prachu nebo pylu v ovzduší, nebo v místech s jinak znečištěným ovzduším je doporučeno vyloučení prvního splachu. To znamená, že část vody, která je přivedena ze začátku srážky, pokaždé nebo v případě dlouhého bezsrážkového období, je odváděna z akumulárního zařízení a není nijak využita. Toto zařízení může fungovat na mechanickém principu, případně lze kombinovat se systémem elektrického ovládání. Vyloučením prvního splachu dochází ke snížení hydraulické efektivity zařízení sloužících k využití srážkových vod. (ČSN 75 6780)

3.6.3 Požadavky při akumulaci dešťové vody

Při akumulaci srážkových povrchových vod a nepitných vod, které vzniknou při manipulaci se srážkovou povrchovou vodou, je nutné zajištění takových podmínek, aby se zajistilo co nejmenšímu nárůstu mikroorganismů. V první řadě je optimální zapustit akumulární nádrž do země nebo ji umístit v suterénu z důvodu ochrany před denním světlem. Akumulární nádrž je nutno odvětrávat pomocí větracího potrubí nebo poklopu s otvory, dále u těchto nádrží musí být zajištěno možnosti odstranění kalu a úklidu jejich vnitřního prostoru. S ohledem na zdravotní rizika je nutné, aby se srážková povrchová voda a již zmíněná nepitná voda neshromažďovala déle než 21 dní, pouze v opodstatněných případech lze dobu akumulace prodloužit na 30 dní. Při přebytku vody v akumulární nádrži se tato voda odvádí do vsakovacích zařízení nebo do retenční dešťové nádrže. Akumulární nádrž může také fungovat jako retenční dešťová nádrž se zásobním prostorem, kde zásobní prostor sloužící pro akumulaci, je pod odtokovou částí vnitřní kanalizace a prostor, který je nad touto částí, plní funkci retenční nádrže. (ČSN 75 6780)

4. Návrh zařízení k využití šedé a dešťové vody

Hlavní zásadou při navrhování zařízení pro využití šedé a dešťové vody je správné dimenzování. To zahrnuje stanovení potřeby provozní vody, množství produkované šedé vody, množství ročního zisku dešťové vody, stanovení objemů akumulací nádrže pro šedou, dešťovou nebo provozní vodu a posouzení vhodnosti při možném využití zmíněných vod.

4.1 Představení lokality a objektu

Pro návrh systémů k hospodaření s šedou a dešťovou vodou byl zvolen objekt rodinného domu, nacházející se v obci Český Dub, k.ú. Český Dub, který spadá pod správu Katastrálního úřadu Libereckého kraje. Jedná se o samostatně stojící rezidenční rodinný dům postavený z cihel plných pálených s kamenným obkladem. Objekt domu má sedlovou střechu s menší vikýřovou částí, která je zastřešena plechovou krytinou. Dům má parcelní číslo 1017, půdorysné rozměry 195 m², s adresou Řídícího učitele Škody 137, a trvale ho obývá 5 EO (ekvivalentních obyvatel²). Pozemek celé nemovitosti má rozlohu 2373 m², z něhož uvažovaná plocha zeleně pro návrh systému na šedou a dešťovou vodu tvoří 416 m² okrasného trávníku, květin a plochy osázené zeleninou, se kterou bude v projektu počítáno. Zbytek pozemku je zpevněná plocha, vedená jako zastavěná plocha a nádvoří s rozlohou 442 m². Na pozemku se také nachází několik vlastních staveb určených pro domácí chov zvířat. Kolem pozemku protéká levostranný přítok potoka Ještědky zvaný Rašovka, který pramení severovýchodně od Světlé pod Ještědem.

Zmíněný objekt je vhodný pro hospodaření s vodou na místě, zejména s vodou dešťovou, vzhledem k možné sběrné ploše dešťové vody a poměrně rozsáhlé zahradní části, která je vhodná pro zalévací úmysly. Návrh bude řešen dvěma variantami, první varianta bude zaměřena na využití šedé vody a druhá varianta na využití vody dešťové.

² Ekvivalentní obyvatel (zkratka EO) nebo také zvaný populační ekvivalent je označením z oblasti čištění odpadních vod vyjadřující míru znečištění, která je vyprodukovaná jedním obyvatelem zpravidla za 1 den. PITTER, Pavel. Hydrochemie. 5. aktualizované a doplněné vydání. VŠCHT Praha, 2015. ISBN 9788070809280.



Obrázek 1 – Vyznačené území zájmové nemovitosti

Zdroj: Smlouva o nájmu č. 22/2016/N

4.2 Varianta hospodaření s šedou vodou

Při návrhu systému pro využití šedé vody je nejprve nutné stanovit množství produkované šedé vody, dále se stanoví denní potřeba nepitné vody, po které následuje posouzení efektivity využití šedé vody. Závěrem se navrhne objem akumulční nádrže při plánovaném shromažďování šedé vody.

4.2.1 Stanovení množství produkované šedé vody

Množství produkované šedé vody v domácnostech se pohybuje okolo 55 % z celkového množství vyprodukovaných odpadních vod, u komerčních budov se jedná o zhruba 27 %. Celkové množství vyprodukovaných šedých vod je ovlivněno a závisí na místech jejich vzniku, jedná se tedy o proměnlivé hodnoty od 57 do 111 litrů / (ekvivalentní obyvatel * den), v domácnostech jsou tyto hodnoty spíše nižší. (Šálek 2012)

Pro určení denní produkce šedých vod v obytných budovách Y_G udávaných v litrech za den vycházíme dle ČSN 756780 z následujícího vztahu:

$$Y_G = n \cdot \sum Y_{p,d}$$

Kde:

n je počet osob v budově

$Y_{p,d}$ je součet denních produkcí šedé vody, který souvisí s počtem osob v budově a je udáván v litrech na osobu a den [l/osoba*den]

Obyvatelé	Denní produkce šedé vody ze sprch, van a umyvadel souvisící s osobami $Y_{p,d}$ (l/osoba·den)	Denní potřeba nepitné vody souvisící s osobami	
		WC $D_{p,d}$ (l/osoba·den)	Praní ¹⁾ $D_{p,d}$ (l/osoba·den)
1 osoba	40	30	10 až 15

¹⁾ Tyto údaje vycházejí z průměrné denní potřeby. Pračka obvykle potřebuje 30 l až 60 l vody na jeden cyklus praní.

Tabulka 1 – Průměrná denní produkce šedé vody a průměrná denní potřeba nepitné vody v obytných budovách

Zdroj: ČSN 756780

Při výpočtu denní produkce šedé vody je uvažováno, že budou využívány pouze šedé vody produkované ze sprch, van a umyvadel. Hodnota průměrné denní produkce šedé vody vychází z Tabulky 1. Šedé vody produkované z kuchyní a dřezů nebudou kvůli svému typu znečištění využívány, jelikož znečišťující látky, které jsou tohoto původu, jsou poměrně těžko odstranitelné

• Výpočet denní produkce šedé vody zájmového objektu:

Počet osob v budově $n = 5$

Průměrná denní produkce šedé vody na osobu $Y_{p,d} = 40$ l/osoba*den

$$Y_G = n \cdot \sum Y_{p,d}$$

$$Y_G = 5 \cdot 40 = \mathbf{200 \text{ l/den}}$$

4.2.2 Stanovení denní potřeby nepitné vody (provozní)

Pro určení denní potřeby nepitné vody D_G v obytných budovách vycházíme dle ČSN 756780 z následujícího vztahu:

$$D_G = n \cdot \sum D_{p,d} + D_{s,d} \cdot S + D_{f,d,misc}$$

Kde:

n je počet osob v budově

$\sum D_{p,d}$ je součet denní potřeby nepitné vody, který souvisí s počtem osob v budově a je udáván v litrech a osobu a den [l/osoba·den]

$D_{s,d}$ je potřeba nepitné vody jednoho zalévání nebo kropení (v případě, že se zalévá

nebo kropí jednou za den), která je udávána v litrech na metr čtvereční [l/m^2]

S je plocha určená k zalévání nebo kropení, udávána v [m^2]

$D_{f,d,misc}$ je denní potřeba nepitné vody, která nesouvisí s osobami pro jiné účely, než zalévací a kropící (tím jsou např. myšleny účely úklidové, v případě, že je nepitná voda využívána k těmto účelům každý den), potřeba je uvedena v litrech za den [l/den]

Zařizovací předmět	Objemy vody pro jedno spláchnutí V_T	
	Velké spláchnutí ($l/spláchnutí$)	Malé spláchnutí ($l/spláchnutí$)
Záchodová mísa	4	2
	4,5	3
	6 ²⁾	3 ²⁾
	7,5 až 8	4
	9 ²⁾	3 ²⁾
	10 ²⁾	3 ²⁾
Pisoárová mísa bez odsávání	1,5 až 2	–
Pisoárová mísa s odsáváním	2 až 4	–
²⁾ Nejčastěji používané objemy pro jedno spláchnutí		

Tabulka 2 - Objemy vody pro jedno spláchnutí záchodové nebo pisoárové mísy

Zdroj: ČSN 756780

Při úmyslu využití šedé vody k splachovacím účelům, pro stanovení $D_{p,d}$ vycházíme z Tabulky 2, kde používáme k výpočtu hodnotu velkého spláchnutí - 6 $l/spláchnutí$, která patří mezi nejčastěji používané objemy pro jedno spláchnutí. Dále uvažujeme, že průměrný počet spláchnutí na osobu je pětkrát během jednoho dne. Při takovéto úvaze dojdeme k hodnotě 30 $l/osoba*den$, která odpovídá hodnotě denní potřeby nepitné vody na splachování toalety pro obytné budovy z Tabulky 1.

• Výpočet denní potřeby nepitné vody k splachovacím účelům:

Objem vody pro jedno spláchnutí u navržených splachovacích zařízení dle Tabulky 2 $V_T = 6$ $l/spláchnutí$

Počet spláchnutí na jednu osobu během dne $p = 5$

$$\sum D_{p,d} = V_T * p$$

$$\sum D_{p,d} = 6 * 5 = 30 \text{ l/osoba*den}$$

Vzhledem k poměrně nízké produkci šedé vody, která je dána počtem osob v objektu, vůči potřebě na zavlažovací účely, bude návrh na využití šedé vody zaměřen pouze na účely splachování.

• Výpočet denní potřeby nepitné vody:

Výpočet je v tomto případě daný počtem osob a potřebou nepitné vody k účelům splachování

Počet osob $n = 5$

Součet denních potřeb $\sum D_{p,d} = 30 \text{ l/osoba} \cdot \text{den}$

$$D_G = n \cdot \sum D_{p,d}$$

$$D_G = 5 \cdot 30 = \mathbf{150 \text{ l/den}}$$

4.2.3 Posouzení využití šedé vody

Dle ČSN 756780 je využití šedé vody nejvhodnější v případě, že platí tento vztah:

$$Y_G \geq D_G$$

Kde:

Y_G je denní produkce šedé vody udávaná v litrech za den [l/den]

D_G je denní potřeba nepitné vody udávaná v litrech za den [l/den]

V případě, že denní objem vyprodukované šedé vody je menší než denní potřeba nepitné tedy provozní vody, doporučuje se vynechat některé způsoby využití nepitné vody (např. praní), z důvodů, aby vztah mezi denní produkcí a potřebou nepitné vody splňoval zadané podmínky. Možným řešením při nesplnění podmínek je použití kombinovaného systému s využitím srážkové povrchové vody. (Plotěný 2013)

• Posouzení využití šedé vody k účelům splachování:

$$Y_G \geq D_G$$

$$Y_G = 200 \text{ l/den}$$

$$D_G = 150 \text{ l/den}$$

$$\mathbf{200 \text{ l/den} \geq 150 \text{ l/den}}$$

Z posouzení je patrné, že denní produkce šedé vody je vhodná k využití jako náhrada pitné vody při úmyslu splachování toalet šedou vodou.

4.2.4 Stanovení objemu akumulčních nádrží na šedé vody

V případě akumulace upravené šedé vody, doba zdržení v nádrži nemá přesahovat více než 24 hodin, z tohoto důvodu musí být objem akumulční nádrže navržený na maximální denní potřebu nepitné vody, ta je stanovena vynásobením denní potřeby nepitné vody se součinitelem nerovnoměrnosti, hodnota tohoto součinitele je v rozmezí 1,3 až 1,6. Pokud je

akumulační nádrž pro upravené šedé vody doplněna srážkovou povrchovou vodou, doba shromáždění těchto vod stále nesmí překročit jeden den. (ČSN 756780)

• Návrh akumulační nádrže pro šedé vody:

Pro stanovení objemu akumulační nádrže budeme počítat s maximálním součinitelem nerovnoměrnosti $k = 1,6$

Denní potřeba nepitné vody $D_G = 150$ l/den

$$V = k * D_G$$

$$V = 1,6 * 150 = 240 \text{ l} = 0,24 \text{ m}^3$$

Objem akumulační nádrže je v tomto případě navržen na maximální denní potřebu nepitné vody s hodnotou 240 l.

4.3 Varianta hospodaření s dešťovou vodou

Při návrhu systému pro využití dešťové vody je nejprve nutné stanovit roční zisk dešťové vody, dále je důležité určit roční potřebu nepitné vody, po které následuje posouzení efektivity využití dešťové vody. Závěrem se navrhne objem akumulační nádrže při plánovaném shromažďování dešťové vody.

4.3.1 Stanovení dostupného množství dešťové vody

Pro určení dostupného ročního množství dešťových vod příslušného území je nutné znát některé faktory, díky kterým lze toto množství určit, konkrétně se jedná o: dlouhodobý srážkový normál, plocha střechy a typ střechy, ze kterých dle ČSN EN 16941-1 platí daný vztah:

$$Y_R = \sum A * h * e * \eta$$

Kde:

Y_R je nateklé množství srážkových vod během časového úseku, které je udávané v litrech [l]

A je sběrný půdorysný průmět plochy, která se odvodňuje, udávaný v metrech čtverečních [m²]

h je úhrn srážek v časovém rozmezí t příslušného území, který je udávaný v milimetrech [mm]

e je součinitel výtěžnosti odvodňované plochy

η je hydraulická účinnost části průtoku upravené vody a části srážkových vod, které přitékají. Pokud tuto hodnotu neuvádí výrobce, při výpočtu pro zařízení, které dále neslouží k úpravě vody, je možno použít hodnotu 0,9

- Sběrný půdorysný průmět střešní plochy příslušného objektu je složen z částí sedlové střechy a vikýřové části. Pro jednodušší výpočet lze uvažovat, že rozložení vikýřové části na půdorysný průmět v jedné části sedlové střechy společně s rozložením této části sedlové střechy je přibližně stejný jako protější strana sedlové střechy, čímž je při výpočtu plochy střechy počítáno se dvěma obdélnými plochami o rozměrech 16 m a 8,5 m.

Výpočet celkové odvodňované plochy vypadá takto:

$$A = 16 * 8,5 * 2 = 272 \text{ m}^2$$

- Dlouhodobý srážkový normál (roční úhrn srážek) Libereckého kraje v roce 2023 byl zaznamenán Českým hydrometeorologickým ústavem s hodnotou $h = 850 \text{ mm/rok}$, viz Tabulka 3.

Kraj	Dlouhodobý srážkový normál v roce 2023 (roční úhrn srážek) h (mm)
Česká republika	684
Praha a Středočeský	583
Jihočeský	694
Plzeňský	686
Karlovarský	727
Ústecký	640
Liberecký	850
Královohradecký	732
Pardubický	701
Vysočina	677
Jihomoravský	561
Olomoucký	719
Zlínský	771
Moravskoslezský	813

Tabulka 3 - Dlouhodobý srážkový normál krajů České republiky v roce 2023

Zdroj: Český hydrometeorologický ústav

- Součinitel výtěžnosti sběrné plochy je určený v závislosti na druhu povrchu sběrné plochy viz. Tabulka 4. Zvolený objekt této práce má sedlovou střechu, pokrytou plechovou krytinou, čímž se jedná o šikmou střechu s hladkým povrchem. Hodnota součinitele výtěžnosti sběrné plochy je tedy v daném objektu $e = 0,9$.

Druh povrchu	Součinitel výtěžnosti sběrné plochy (e)
Šikmá střecha s hladkým povrchem (např. kov, sklo, břidlice, glazované tašky, solární panely)	0,9
Šikmá střecha s drsným povrchem (např. betonové tašky)	0,8
Plochá střecha, bez štěrku (kačírku)	0,8
Plochá střecha, se štěrkem (kačírkem)	0,7
Zelená (vegetační) střecha, intenzivní (např. střešní zahrada)	0,3
Zelená (vegetační) střecha, extenzivní	0,5
Nepropustné plochy (např. asfalt)	0,8
Propustné plochy (např. dlažební kostky)	0,5

Tabulka 4 - Součinitel výtěžnosti odvodňované plochy (sběrné)

Zdroj: ČSN EN 16941-1

• Hydraulická účinnost mechanického filtru nečistot nebyla zjištěna výrobcem, bude tedy dle ČSN EN 16941-1 použita hodnota $\eta = 0,9$.

• Výpočet dostupného ročního množství dešťových vod:

$$Y_R = \sum A * h * e * \eta$$

Sběrná půdorysná plocha $A = 272 \text{ m}^2$

Dlouhodobý srážkový normál $h = 850 \text{ mm}$

Součinitel výtěžnosti sběrné plochy $e = 0,9$

Hydraulická účinnost $\eta = 0,9$

$$Y_R = 272 * 850 * 0,9 * 0,9 = 187\,272 \text{ l/rok} = 187,27 \text{ m}^3$$

Z výpočtu vychází, že dostupné roční množství dešťové vody k využití u zvoleného objektu čítá **187,27 m³**.

4.3.2 Stanovení roční potřeby nepitné vody (provozní)

Pro určení roční potřeby nepitné vody $D_{t,a}$ v obytných budovách vycházíme dle ČSN 756780 z následujícího vztahu:

$$D_{t,a} = d_a * n * \sum D_{p,d} + D_{s,a} + D_{f,a,misc}$$

Kde:

d_a je počet 365 dnů v roce, kdy se využívá nepitná voda

n je počet osob v budově

$\sum D_{p,d}$ je součet denních potřeb nepitné vody závisející na osobách v budově, udávaný v litrech na osobu a den [l/osoba*den]

$D_{s,a}$ je potřeba nepitné vody na jeden rok, k účelům zalévání nebo kropení udávaná v litrech za rok [l/rok]

$D_{f,a,misc}$ je potřeba nepitné vody na jeden rok, která nesouvisí s osobami pro jiné účely, než zalévací a kropicí a je udávaná v litrech za rok [l/rok]

Při úmyslu využití dešťové vody k splachovacím účelům, postupujeme stejně jako v kapitole s variantou využití šedé vody

• Výpočet denní potřeby nepitné vody k splachovacím účelům:

Objem vody pro jedno spláchnutí u navržených splachovacích zařízení dle Tabulky 2 $V_T = 6$ l/spláchnutí

Počet spláchnutí na jednu osobu během dne $p = 5$

$$\sum D_{p,d} = V_T * p$$

$$\sum D_{p,d} = 6 * 5 = 30 \text{ l/osoba*den}$$

Při počtu osob $n = 5$

$$n \cdot \sum D_{p,d} = 150 \text{ l/d}$$

Způsob použití	Potřeba nepitné vody pro jedno zalévání nebo kropení $D_{s,d}$ (l/m ²)	Roční potřeba nepitné vody pro zalévání nebo kropení $D_{s,a}$ (l/rok)
Zalévání zahrady	1,0 ¹⁾	Může se použít směrné číslo roční potřeby vody podle vyhlášky č. 428/2001 Sb.
Kropení hřišť	1,2	
Kropení zeleně	1,0	

Tabulka 5 - Potřeba nepitné vody k účelům zalévání nebo kropení

Zdroj: ČSN 756780

	průměr za rok
venkovní zahrady okrasné (trávníky, květiny) nebo osázené zeleninou na 100 m ²	16 m ³
sady osázené ovocnými stromy nebo jinak využívané na 100 m ²	3 m ³
pro automatizované zalévání zahrad s pěstováním květin, zeleniny podle čidel na určení vlhkosti	12 m ³
průmyslové a skleníkové pěstování zeleniny, květin - pro jednotlivá zařízení (automatizované kropení) se určí potřeba množství podle příslušného technického návodu pro provoz využívaného objektu	

Tabulka 6 - Průměrná roční potřeba vody k účelům zalévání

Zdroj: Vyhláška č. 428/2001 Sb.

• Výpočet roční potřeby nepitné vody k zalévání zahrady:

Při tomto výpočtu vycházíme z Tabulky 6 pro průměrnou roční potřebu nepitné vody k účelům zalévání, kde tabulková hodnota pro jednorochní zalévání venkovní zahrady vychází na 16 m^3 k zalití 100 m^2 zahradní plochy. Tato hodnota je určena vzhledem k vegetačnímu období, které je pouze v určité části celého roku.

Plocha zahrady $A_Z = 416 \text{ m}^2$

Roční potřeba vody k účelům zalévání na $100 \text{ m}^2 = 16 \text{ m}^3$

$$D_{s,a} = 4,16 * 16 = \mathbf{66,56 \text{ m}^3/\text{rok}}$$

• Výpočet celkové roční potřeby nepitné vody:

$$D_{t,a} = d_a * n * \sum D_{p,d} + D_{s,a} + D_{f,a,misc}$$

$$D_{t,a} = 365 * 5 * 0,030 + 66,56 = 54,75 + 66,56 = \mathbf{121,31 \text{ m}^3/\text{rok}}$$

4.3.3 Posouzení využití dešťové vody

Dle ČSN 756780 je využití dešťové vody nejvhodnější v případě, že platí tento vztah:

$$Y_R \geq D_{t,a}$$

Kde:

Y_R je průměrný sebraný nátok dešťových vod během jednoho roku, který je udáváný v litrech za rok [l/rok]

$D_{t,a}$ je celková potřeba nepitné (provozní vody) na jeden rok, která je udáváná v litrech za rok [l/rok]

V případě, že roční objem získané dešťové vody je menší než roční potřeba nepitné tedy provozní vody, doporučuje se vynechat některé způsoby využití nepitné vody z důvodů, aby vztah mezi ročním nátokem dešťové vody a potřebou nepitné vody splňoval zadané podmínky. Možným řešením při nesplnění podmínek je použití kombinovaného systému s využitím šedé vody. (Plotěný 2013)

• Posouzení využití dešťové vody k účelům splachování a zalévání:

$$Y_R \geq D_{t,a}$$

$$Y_R = 187,27 \text{ m}^3/\text{rok}$$

$$D_{t,a} = 121,31 \text{ m}^3/\text{rok}$$

187,27 ≥ 121,31

Z posouzení je patrné, že roční objem získané dešťové vody je větší než roční potřeba vody nepitné. Zvolený objekt je tedy ideální pro návrh systému pro využití dešťové vody, jelikož je možné systém využít jak k účelům splachování, tak i zalévání. Záleží na samotné volbě, pro jaký účel má být systém použit.

4.3.4 Stanovení objemu akumulčních nádrží na dešťové vody

Při návrhu objemu akumulční nádrže na dešťové vody je nutno počítat s možným obdobím sucha, dle kterého je potřeba navrhnutí takového objemu, aby se zajistilo případnému zásobení dešťové vody. (ČSN EN 16941-1)

Pro stanovení objemu za zmíněných podmínek platí dle ČSN EN 16941-1 tento výpočet:

$$D_{N,d} = D_{p,d} + D_{f,d}$$

$$V = D_{n,d} * d_d$$

Kde:

$D_{N,d}$ je celková denní potřeba nepitné vody, která je udávána v litrech za den [l/den]

$D_{p,d}$ je denní potřeba nepitné vody, která závisí na osobách a je udávána v litrech za den [l/den]

$D_{f,d}$ je maximální denní potřeba nepitné vody nepitné vody k určitým účelům, která nezávisí na osobách a je udávána v litrech za den [l/den]

V je objem akumulční nádrže, udávaný v litrech [l]

d_d je zvolené suché období (počet dnů akumulace v období, kdy neproběhly žádné srážky, toto období se liší vlivem podnebí příslušné oblasti)

Výpočet objemu akumulční nádrže k účelům splachování:

Denní potřeba nepitné vody k účelům splachování pro 5 osob = 5 * 30 l/d = **150 l/d**

Zvolené období sucha: $d_d = 21$ dnů

$$V = 150 * 21 = 3150 \text{ l} = \mathbf{3,15 \text{ m}^3}$$

Navržený objem nádrže při úmyslu využití dešťové vody k účelům splachování je 3,15 m³.

Výpočet objemu akumulární nádrže k účelům zalévání:

Denní potřeba nepitné vody v období sucha při účelech zalévání zahradní plochy 450 m² dle Tabulky 3 = 450 * 1 = 450 l/d

Zvolené období sucha: $d_d = 21$ dnů

$$V = 416 * 21 = 8736 \text{ l} = \mathbf{8,74 \text{ m}^3}$$

Navržený objem nádrže při úmyslu využití dešťové vody k účelům zalévání zahrady je 8,74 m³.

4.4 Investiční návrh

Tato část je zaměřena na navrhnutí konkrétního systému pro hospodaření s vodou ve zvolené nemovitosti, který je určen v závislosti na výpočtech a posouzení z předešlé kapitoly.

4.4.1 Návrh systému pro hospodaření s šedou vodou na splachování

Pro tento návrh je zvolena „Domovní ČOV – AS-GW/AQUALOOP 6“. Sestava obsahuje kompletní vybavení potřebné k recyklaci vody ze sprch, van, umyvadel a praček pro využití šedé vody v domě. Aktuální cena celého systému čítá 93 105,80 Kč, při připočtení DPH se jedná o cenu ve výši 112 658 Kč. (dešťovka © 2024)

Popis Sestavy: Jedná se o čistírnu šedých vod pro rodinné domy, kde dochází k recyklaci šedých vod pocházejících ze sprch, van, umyvadel nebo praček. Po úpravě šedé vody je možné tyto vody využít k dalším účelům např. ke splachování nebo zalévání. Technické řešení není náročné na spotřebu energie ani nezávisí na klimatických podmínkách. Technologický proces této domácí čistírny probíhá nejprve nátokem odpadní vody přes filtr mechanických nečistot do reakční nádrže, která je opatřena havarijním přepadem, kde následně probíhá biologické čištění vody. Reakční nádrž je vybavena membránovým modulem, jehož spodní část obsahuje aerační systém. Nad systémem membrán je umístěno čerpadlo, které pod tlakem odsává vodu skrze membrány a výslednou vyčištěnou vodu odvádí do akumulární nádrže. Akumulovanou vodu lze následně čerpat do rozvodního systému provozní vody. Systém může být doplněn o pitnou vodu. (dešťovka © 2024)



Obrázek 2 - Domovní ČOV – AS-GW/AQUALOOP 6

Zdroj: Dešťovka © 2024

4.4.2 Návrh systému pro hospodaření s dešťovou vodou na splachování

Pro tento návrh je zvolena „Sestava pro dům Smart 3600 l Evolution“. Sestava obsahuje kompletní vybavení potřebné k hospodaření s dešťovou vodou v domě. Aktuální cena celého systému čítá 48 910 Kč, při připočtení DPH se jedná o cenu ve výši 59 181 Kč. (dešťové nádrže © 2024)

Sestava obsahuje:

- **Podzemní akumulční nádrž na dešťovou vodu Smart 3600 l** – jedná se o monolitickou samonosnou polyetylenovou akumulční nádrž od výrobce Plastsvar s objemem 3600 l, hmotností 190 kg a silou stěny od 7 do 20 mm. Nádrž je doporučena na svěrnou půdorysnou plochu střechy od 70 do 90 m². Nádrž zvládá pouze pochozí zatížení nebo přejezd zahradní sekačkou, přejezd automobilem je v místě instalace zakázán. V případě uložení do země, není vhodné uložení nádrže do jílového podloží, obetonování ani obsypání vykopanou zeminou (píský atd.). Po uložení by stěny nádrže měly být obsypány štěrkem frakce 4/8 nebo 8/16. (dešťové nádrže © 2024)
- **Filtrační koš MD** – jedná se filtrační koš sloužící k filtraci splavenin z okapových svodů, filtr vyčistí větvičky, listy a další nečistoty až do velikosti, která je menší než půl milimetru. Koš je určený k osazení do podzemní nádrže na dešťovou vodu a je vhodný k odvodňování sběrné plochy střechy do 200 m². Výhodou filtračního koše je možnost dodatečné instalace a snadná údržba, jelikož je filtrační koš snadno vyjmutelný a lze ho

následovně propláchnout a očistit. Účinnost samotné filtrace je zaručena dotačním programem Dešťovka. (dešťové nádrže © 2024)

- **Ecorain Evolution** – jedná se o automatickou jednotku, která slouží k čerpání dešťové vody s možností přepínání na vodu z řadu (nejedná se o pitnou vodu). Hlavním záměrem je využití dešťové vody s případnou možností doplnění vody z řadu. Jednotka pravidelně detekuje nedostatek vody v nádrži a zamezuje tak případu, že by byla nádrž bez vody. Spojení mezi nádrží dešťové vody a nádrží vody z vodovodu, která je zabudována do systému, se provádí pomocí trojcestného ventilu nainstalovaného na sání čerpadla. Systém obnovuje vodu v nádrži z vodovodu vždy po jednom týdnu, obnovení je však omezené nastavením na požadavek náhrady použité vody. (dešťové nádrže © 2024)

- **Plovoucí sací souprava** – jedná se o soupravu se sacím košem se zpětnou klapkou o délce 1,5 m, PE spojkami a plovákem. Souprava je vhodná k napojení na sací potrubí, jelikož sací koš plave kousek pod hladinou, čímž nejsou nasávány nečistoty ze dna jímky. Výhodou je, že sací sítko lze odpojit a následovně zbavit nečistot. (dešťové nádrže © 2024)

- **Filtr na dešťovou vodu** – jedná se o třístupňový domovní filtr Hydra Rainmaster Trio RHS 1 se třemi nádobami. První nádoba funguje jako hrubá filtrace k odstranění písku a drobných nečistot se schopností filtrace 50 mikronů. Druhá nádoba obsahuje aktivní uhlí, čímž odstraňuje zápach, chuť chlóru a pesticidy. Ve třetí nádobě dochází k jemné filtraci, což znamená odstranění kalů a jemných nečistot se schopností filtrace 25 mikronů, čímž dochází k dočištění přitékající vody. Třetí nádoba lze zaměnit s nádobou, která je schopná filtrace 10 nebo 5 mikronů. (dešťové nádrže © 2024)

- **Tlaková nádoba** – jedná se o bezúdržbovou vertikální tlakovou membránovou nádobu EVAK sloužící jako zásobník vody, který snižuje četnost spínání čerpadla. U těchto nádob není třeba kontrola vnitřního přetlaku, jelikož plyn z nádoby nemůže unikát. Nádoba je rozdělena do dvou částí butylovou membránou přichycenou ke stěnám nádoby, která od sebe odděluje vodu a tlakový plyn. Svým nerezovým, vodotěsným a vzduchotěsným připojením je zaručená dlouhá životnost a zdravotní nezávadnost. Tlaková nádoba také obsahuje potřebnou soupravu při upevňování ke zdi. (dešťové nádrže © 2024)



Obrázek 3 - Jednotlivé komponenty sestavy pro dům Smart 3600 I Evolution

Zdroj: dešťové nádrže © 2024

4.4.3 Návrh systému pro hospodaření s dešťovou vodou na zahradě

Pro tento návrh je zvolena „Sestava zahrada Neptun 9500 l Standard“. Sestava obsahuje kompletní vybavení potřebné k hospodaření s dešťovou vodou na zahradě. Aktuální cena celého systému čítá 65 135 Kč, při připočtení DPH se jedná o cenu ve výši 78 813 Kč. (dešťové nádrže © 2024)

Sestava obsahuje:

- **Podzemní akumulární nádrž na dešťovou vodu Neptun 9500 l** – jedná se o monolitickou, polyetylenovou akumulární nádrž od výrobce Elkoplast s objemem 9500 l, hmotností 400 kg a silou stěny 12 mm. Nádrž je doporučena na sbernou půdorysnou plochu střechy od 220 do 270 m². Nádrž zvládá pouze pochozí zatížení nebo přejezd zahradní sekačkou, přejezd automobilem je v místě instalace zakázán. V případě uložení do země se stěny nesmí obetonovat ani obsypat vykopanou zeminou a je třeba obsypu štěrkem frakce 0 až 32 mm. (dešťové nádrže © 2024)
- **Ponorné automatické čerpadlo Medas TDS 1200A – INOX** – jedná se o automatické ponorné čerpadlo s 15 m kabelem k podzemním nádržím na dešťovou vodu, které slouží k čerpání vody z nádrží s možným výtlakem 50 m. Díky svému výtlaku je vhodné i jako domácí vodárna. Zařízení má automatickou tepelnou ochranu s maximální hloubkou ponoru 12 m a maximálním průtokem 95 l/m. (dešťové nádrže © 2024)

- **Filtrační koš MD** – viz. kapitola 1.12.2 Návrh systému pro hospodaření s dešťovou vodou na splachování

- **Zahradní šachta** – jedná se o šachtu rozvodu vody, která slouží pro připojení zahradní hadice. Šachta je z polypropylenového materiálu s výklopným víkem. Nejčastěji se používá v období letního rozvodu vody s provozním tlakem 4 až 6 barů. V zimním období je potřeba šachtu vypouštět z důvodu možného poškození. (dešťové nádrže © 2024)

Poslední součástí celého závlahového systému jsou prvky určené k venkovnímu rozvodu užitkové vody, konkrétně se jedná o PE hadice 32 mm, HDPE T-kus, HDPE koleno a HDPE spojka, což jsou vysokohustotní polyetylenové termoplasty. Výhodou těchto prvků je dlouhá životnost, odolnost proti korozi, vodnímu kameni a chemikáliím. (dešťové nádrže © 2024)



Obrázek 4 - Jednotlivé komponenty sestavy zahrada Neptun 9500 l Standard

Zdroj: dešťové nádrže © 2024

4.4.4 Vyhodnocení ušetřených financí za pitnou vodu

Tato část je zaměřena na určení finanční úspory zájmového objektu při využití zvolených zařízení na šedou a dešťovou vodu.

Ve výpočetní části bylo spočteno, že roční potřeba vody k účelům zalévání u daného objektu vychází na 66,56 m³/rok. Pro účely splachování byla určena denní potřeba vody pro 5 osob na 150 l/den. Současná cena vodného a stočného včetně DPH stanovená pro rok 2024 v Českém Dubu činí 77,16 Kč vodné a 65,18 Kč stočné. Celková cena vodného a stočného za 1 m³ pitné vody vychází na 140,34 Kč/osobu a rok.

Výpočet roční úspory:

Roční potřeba vody k zalévání = 66,56 m³/rok

Roční potřeba vody ke splachování = 365 * 0,150 = 54,75 m³/rok

vodné = 77,16 Kč/m³

stočné = 65,18 Kč/m³

vodné + stočné = 140,34 Kč/m³

Roční cenová úspora pitné vody za zalévání = 66,56 * 140,34 = 9341,03 Kč

Roční cenová úspora pitné vody za splachování = 54,75 * 140,34 = 7683,62 Kč

Při využití systému na zalévání zahrady by vznikla úspora za pitnou vodu ve výši **9341,03 Kč/rok**.

Při využití systému na splachování záchodu by vznikla úspora za pitnou vodu ve výši **7683,62 Kč/rok**.

4.4.5 Dotační programy

V rámci programu „Nová zelená úsporám“ financovaného z prostředků Národního programu obnovy jsou uvedené podmínky a stanovené postupy pro poskytnutí podpory na opatření, která snižují množství odebírané pitné vody z přírodních zdrojů v rodinných objektech. Podpora je poskytnuta pro systémy, které hospodaří s dešťovou vodou nebo pro systémy, které využívají vyčištěné a dočištěné odpadní vody s možností dalšího využití. Podpora je poskytnuta pro jeden rodinný dům pouze jednou v maximální výši 50 % pořizovacích nákladů. (Státní fond životního prostředí © 2024)

Označení podporovaných opatření	Podporovaná opatření	Výše podpory (Kč)
Zálivka	Systém pro využití akumulované dešťové vody pro zálivku zahrady.	20 000 + 3500 * x Maximální výše dotace na jednu žádost je omezena na 55 000 Kč
Zálivkalivka + WC	Systém pro využití akumulované dešťové vody jako vody užitkové a případně také pro zálivku.	30 000 + 3 500 * x Maximální výše dotace na jednu žádost je omezena na 65 000 Kč.
Šedá voda	Systém pro využití vyčištěné odpadní vody jako vody užitkové, případně také pro zálivku zahrady.	60 000

x = objem nádrže v m³ na dešťovou nebo vyčištěnou odpadní vodu, případně součet těchto objemů

Tabulka 7 - Výše podpory

Podmínky pro poskytnutí finanční podpory u systému na dešťovou vodu s využitím pro zálivku:

- Odvodňovaná plocha rodinného domu musí odpovídat 100 % půdorysného průmětu střechy, v případě že není možné technické zajištění celé plochy lze být tento požadavek snížen na 50 % půdorysného průmětu. Do systému mohou být využity i další odvodňované plochy (garáže, terasy apod.), výjimku tvoří komunikace a parkovací plochy. (Státní fond životního prostředí © 2024)

- Akumulační nádrže musí být zkonstruovány tak, aby byla zajištěna kvalita vody bez rizika poškození systému mrazem. Shromažďovaná voda musí být chráněna před denním světlem a zdroji tepla. Doporučené uložení nádrže je pod úroveň terénu nebo v suterénu objektu. (Státní fond životního prostředí © 2024)

- Akumulační nádrži může také být stávající vyčištěná podzemní jímka nebo speciálně upravená tělesa studní. (Státní fond životního prostředí © 2024)

- Minimální objem akumulační nádrže musí mít 2 m³. (Státní fond životního prostředí © 2024)

- V případě, že jsou zařízení na hospodaření s dešťovou vodou uhrazena a zrealizována dříve než 2 roky po datu dokončení rodinného domu (datum dokončení stavby dle katastru nemovitostí), není nárok na finanční podporu možný. (Státní fond životního prostředí © 2024)

Podmínky pro poskytnutí finanční podpory u systému na dešťovou a odpadní vodu s využitím těchto vod jako užitkových:

- Podporovaná jsou technická řešení u systémů, které slouží pro akumulaci a čištění odpadních vod neobsahujících fekálie a moč (umyvadla, sprchy, vany atd.). Podporované jsou také systémy pro akumulaci a dočištění již prvotně vyčištěné odpadní vody, která odtéká ze zařízení sloužících k vyčištění odpadní vody (např. domovní čistírna odpadní vody). (Státní fond životního prostředí © 2024)

- Důležité je dodržení požadavků a ustanovení příslušných norem, které se zabývají odvětvím využití odpadních a dešťových vod. Vnitřní vodovodní přípoj nesmí být spojen s potrubím zásobovaným z jiného zdroje. Dále nesmí být spojena vnitřní vodovodní

potrubí rozdílných typů vod (pitná voda, srážková, vyčištěná odpadní). (Státní fond životního prostředí © 2024)

- Při smíšení vyčištěné vody a dešťové vody je tato smíšená voda považována jako voda odpadní, čímž dochází k porušení podmínek. (Státní fond životního prostředí © 2024)

- Návrh zařízení musí být navržen tak, aby se zajistilo hygienické bezpečnosti při využití vyčištěné odpadní vody, je tedy důležitá úprava a čistota vyčištěné vody, jelikož vede k zamezení zdravotního rizika. (Státní fond životního prostředí © 2024)

- Návrh akumulačního objemu vyčištěné vody je navržen v závislosti na množství produkovaných odpadních vod s ohledem na další aspekty jako je např. koeficient filtrace. (Státní fond životního prostředí © 2024)

5. Diskuze

Hospodaření s odpadní vodou je v současnosti poměrně rozšířený pojem, který vede k udržitelnosti vodních zdrojů v přírodě a šetrnosti k životnímu prostředí. Další motivací při hospodaření s odpadní vodou může být úspora pitné vody v řešených objektech.

Tato diskuze je proto zaměřena na porovnání jednotlivých systémů využívajících odpadní vody za účelem určení nejvýhodnějšího a nejhodnějšího systému z hlediska efektivity a úspor pro zájmový rodinný dům se snahou o rozšíření tohoto tématu v rámci širší veřejnosti.

Při porovnání systému pro hospodaření s šedou vodou a systému s vodou dešťovou je nedíve nutné zmínit jednotlivé výhody, ale také jejich nevýhody, které většinou bývají rozhodujícím faktorem při pořizovací volbě těchto zařízení.

Mezi výhody systémů na využití šedé vody patří nízká spotřeba energie, čímž se jedná o energeticky nenáročná zařízení, která nejsou nijak ovlivňována klimatickými podmínkami, zároveň jsou velmi příznivé vůči životnímu prostředí z hlediska šetření zdrojů pitné vody.

Co se týká nevýhod, první problém je poměrně drahá pořizovací cena celého zařízení. V zájmovém objektu je zvolen návrh zařízení na využití šedé vody s cenou 93 105,80 Kč, při připočtení DPH s cenou 112 658 Kč. V tomto případě by návratnost celé investice proběhla po necelých 15 letech, za předpokladu, že by se u pořizovací ceny počítalo s cenou včetně DPH. Dalším faktorem je cena vodného a stočného, která se každým rokem navyšuje. Dále je nutno podotknout, že v případě splnění podmínek pro dotační příspěvek (viz. kapitola 4.4.5 Dotační programy) a po obdržení příslušného posudku, cena celého zařízení by mohla být snížena až o 50 % pořizovací ceny, čímž by došlo i ke snížení doby

finanční návratnosti. Z vlastního pohledu je také nevýhodou množství produkované šedé vody v rodinném objektu, které je závislé na počtu osob v objektu, čímž je systém při nízkém počtu osob v domě prakticky nevyužitelný a neefektivní. Zařízení na šedou vodu je z tohoto hlediska ideálním řešením pro budovy s vysokou produkcí šedé vody, zároveň se tím jedná o stabilní zdroje produkované šedé vody, čímž lze poměrně značně ušetřit na pitné vodě nebo na energetické spotřebě. Další nevýhodou jsou poměrně přísná kritéria při instalaci a provozu zařízení na šedou vodu, jelikož je nutné, aby vnitřní vodovod nebyl v žádném případě přímo spojený s potrubím, které zásobuje jiný zdroj z důvodu zamezení kontaminace pitné vody. Hlavním problémem je tedy zajištění bezrizikového hygienického prostředí.

U systémů na hospodaření s vodou dešťovou je hlavní problém nestálý a nepravidelný zisk dešťové vody, který je ovlivněn ročním úhrnem srážek na jednotlivých územích a možným obdobím, kdy na území neproběhne žádné nebo jen malé množství srážek (tzv. suché období), se kterým je třeba počítat při návrhu akumulace získané dešťové vody. Je tedy zřejmé, že tyto systémy závisí na klimatických změnách a ročních obdobích.

Při porovnání se systémem na šedou vodu je nutné zmínit, že zvolený objekt se nachází v Libereckém kraji, kde je roční úhrn srážek nejvyšší ze všech krajů na území ČR a vzhledem ke své rozloze sběrné plochy dešťové vody je tento systém ideálním řešením pro zvolený objekt. Dalšími ukazateli jsou pořizovací ceny, kde při stejném návrhu pro účel splachování, systém s využitím dešťové vody s pořizovací cenou zařízení 48 910 Kč, při připočtení DPH s cenou 59 181 Kč je zhruba o polovinu levnější než zařízení na šedou vodu. Návratnost investice by v tomto případě proběhla už za necelých 8 let. Znovu je nutné poznamenat, že je návratnost určena na cenu včetně DPH a současnou cenu vodného a stočného. Na zvolený systém je však možné uplatnit dotační příspěvek v maximální výši 50 % pořizovací ceny (viz. kapitola 4.4.5 Dotační programy) stejně jako v případě pro zařízení na šedou vodu. V rámci návrhu jednotlivých systémů, kdy bylo také navíc možné navrhnout zařízení s využitím dešťové vody k účelům závlahy vzhledem ke spočtenému možnému zisku dešťové vody, který přesahoval potřebu nepitné vody ke zvoleným účelům v objektu, což u systému s šedou vodou nebylo možné.

6. Závěr

Prostřednictvím této bakalářské práce jsem poskytnul pohled na možnosti hospodaření se zdroji nepitné vody na zvolené soukromé nemovitosti, konkrétně na využití šedé a dešťové vody v rodinném domě v Českém Dubu.

Úvod literární rešerše byl zaměřen na seznámení s legislativou České republiky v rámci právního prostředí, předpisů a normativních dokumentů, které se týkají problematiky využití odpadních vod pro soukromé nemovitosti, což poskytlo důležitý kontext pro navrhované systémy. Ve zbytku literární rešerše byly shrnuty jednotlivé definice odpadních vod, systémy pro odvádění a opětovné využití odpadní vody, možnosti využití odpadních vod, znečištění odpadních vod a následné postupy při úpravě a čištění odpadních vod.

V praktické části byly navrženy varianty systémů pro využití šedé a dešťové vody zájmové nemovitosti. Tento návrh byl založen na určení produkovaného množství šedých vod, určení ročního zisku dešťových vod a následné potřebě upravené vody ke zvoleným účelům splachování a závlahy určené části nemovitosti. Výsledkem bylo komplexní vyhodnocení a porovnání navržených systémů zohledňující jejich technické parametry, ekonomickou efektivitu a finanční náročnost celé investice. Vyhodnocení ukázalo, že implementace všech zvolených variací na využití šedé i dešťové vody má výrazný potenciál k úspoře pitné vody, což vede ke snížení nákladů na pitnou vodu, a tím pádem k finanční úspoře z hlediska nižších výdajů. Co se týká výhodnějšího systému, lze z diskuzní části určit, že je systém na využití dešťové vody ve většině porovnaných faktorů pro zvolený objekt výhodnější a především efektivnější, čímž se naplnily veškeré cíle práce, které byly pro tento projekt stanoveny.

Závěrem lze konstatovat, že využití šedé a dešťové vody u soukromých nemovitostí představuje efektivní a udržitelný způsob nakládání s vodními zdroji, na které není nutné pohlížet jako na odpadní vody, ale jako na přínosný a využitelný zdroj. Důležité je také zmínit, že samotný výběr konkrétního zařízení je ovlivněn mnoha faktory, jelikož závisí na individuálních potřebách, možnostech a dispozicích jednotlivých objektů v různých oblastech, ale také na preferencích majitele nemovitosti. Je však nutné zdůraznit, že tyto systémy představují nejen výhodnou ekonomickou investici, která se v průběhu několika let pořizovateli navrátí, ale i investici do budoucnosti a ochrany životního prostředí.

7. Seznam literatury

7.1 Legislativní materiály – zákon, vyhláška, norma:

ČSN EN 12056-1 (756760) Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy – Část 1: Všeobecné a funkční požadavky. 2001.

ČSN 75 9010 (759010) Vsakovací zařízení srážkových vod. 2012.

ČSN 75 6780 (756780): Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. 2021.

ČSN EN 16941-1 (756781) Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod. 2018.

ČSN EN 162941-2 (75 6781) Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 2: Zařízení pro využití čištěné šedé vody. 2001.

ČSN 73 4301 (734301) Obytné budovy. 2004.

ČSN EN 1085 (750160) Čištění odpadních vod – Slovník. 2007.

ČSN 75 0161 (750161) Vodní hospodářství – Terminologie v inženýrství odpadních vod. 2008.

ČSN 75 7143 (757143) Jakost vod. Jakost vody pro závlahu. 1991.

TNV 75 9011 (759011) Hospodaření se srážkovými vodami. 2013.

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

7.2 Odborné knihy:

BINDZAR, Jan a kol. Základy úpravy a čištění vod. 2009. VŠCHT Praha (1. vydání). ISBN 978-80-7080-729-3.

BÖSE, Karl-Heinz. Dešťová voda pro dům a zahradu. 1999. Hel. ISBN 8086167089.

DOHÁNYOS, Michal; KOLLER, Jan a STRNADOVÁ, Nina. Čištění odpadních vod. VŠCHT Praha (2. vydání), 1998. ISBN 978-80-7080-316-5.

HLAVÍNEK, Petr; PRAX, Petr a MIČÍN, Jan. Příručka stokování a čištění. Brno : NOEL 2000 (1. vydání), 2001. ISBN 80-86020-30-4.

KREJČÍ, Vladimír. Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Brno: Noel 2000 (1. vydání), 2002. ISBN 80-86020-39-8.

NOVOTNÁ, Dagmar. Úvod do pojmosloví v ekologii krajiny. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2001. ISBN ISBN 80-7212-192-8.

PITTER, Pavel. Hydrochemie. 5. aktualizované a doplněné vydání. VŠCHT Praha, 2015. ISBN 9788070809280.

ŠÝKORA, Vladimír; KUJALOVÁ, Hana a PITTER, Pavel. Hydrochemie: pro studenty bakalářského studia. VŠCHT Praha (1. vydání), 2016. ISBN 978-80-7080-949-5.

ŠÁLEK, Jan a kolektiv. Voda v domě a na chatě – Využití srážkových a odpadních vod. Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.

7.3 Článek v odborném periodiku:

RACLAVSKÝ, J.; HLUŠTÍK, P.; BIELA, R.; RAČEK, J a BARTONÍK, A. Hospodaření s šedou a dešťovou vodou v budovách. Vodní Hospodářství 2, 2012.

7.4 Internetový zdroj – monografie, článek na webových portálech:

BERÁNKOVÁ, Martina. Odpadní voda – odpad nebo poklad? Online. 2016. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2016/04/odpadni-voda-odpad-nebo-poklad/>. [cit. 2024-03-24].

BERÁNKOVÁ, Martina; VOLOŠINOVÁ, Dagmar; STEJSKALOVÁ, Lada a ČEJKOVÁ, Elžbieta. V ČR se začalo využívání tzv. šedých vod skloňovat ve všech pádech. Online. 2017. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16101-v-cr-se-zacalo-vyuzivani-tzv-sedych-vod-sklonovat-ve-vsech-padech>. [cit. 2024-03-24].

ČÍHAL, Bohumír. Odpadní voda jako zdroj tepelné energie. Online. 2016. Dostupné z: <https://www.stavebniklub.cz/33/vyuziti-tepla-sede-vody-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EvlcoRunmztNPNKotn835R-kukZUzLWmsA/>. [cit. 2024-03-24].

MIFKOVÁ, Tatiana. Nové metody nakládání s odpadními vodami. Online. 2011. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizenibudov/zdravotni-technika/nove-metody-nakladani-sodpadnimi-vodami>. [cit. 2024-03-24].

PENN, Roni; HADARI, Matan a FRIEDLER, Eran. Evaluation of the effects of greywater reuse on domestic wastewater quality and quantity. Online. 2012. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/254220076_Evaluation_of_the_effects_of_greywater_reuse_on_domestic_wastewater_quality_and_quantity. [cit. 2024-03-24].

PLOTĚNÝ, Karel. Využití šedých a dešťových vod v budovách. Online. 2013. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>. [cit. 2024-03-24].

Dešťové nádrže ©2024. Sestava pro dům Smart 3600 I Evolution. Online. Dostupné z: <https://www.destovenadrze.cz/sestava-pro-dum-smart-3600-i-evolution/>. [cit. 2024-03-24].

Dešťové nádrže ©2024. Sestava zahrada Neptun 9500 1 Standard. Online. Dostupné z: <https://www.destovenadrze.cz/sestava-zahrada-neptun-9500-1-standard/>. [cit. 2024-03-24].

Dešťovka ©2024. Domovní ČOV – AS-GW/AQUALOOP 6. Online. Dostupné z: <https://eshop.destovka.eu/as-gw-aqualoop-6/>. [cit. 2024-03-24].

Státní fond životního prostředí ©2024. Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory obnovy – Rodinné domy. Online. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/dokument/2532>. [cit. 2024-03-24].

8. Seznam obrázků a tabulek

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Vyznačené území zájmové nemovitosti (Zdroj: Smlouva o nájmu č. 22/2016/N).....	24
Obrázek 2 - Domovní ČOV – AS-GW/AQUALOOP 6 (Zdroj: Dešťovka © 2024).....	35
Obrázek 3 - Jednotlivé komponenty sestavy pro dům Smart 3600 1 Evolution (Zdroj: dešťové nádrže © 2024).....	37
Obrázek 4 - Jednotlivé komponenty sestavy zahrada Neptun 9500 1 Standard (Zdroj: dešťové nádrže © 2024).....	38

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Průměrná denní produkce šedé vody a průměrná denní potřeba nepitné vody v obytných budovách (Zdroj: ČSN 756780).....	25
Tabulka 2 - Objemy vody pro jedno spláchnutí záchodové nebo pisoárové mísy (Zdroj: ČSN 756780)	26
Tabulka 3 - Dlouhodobý srážkový normál krajů České republiky v roce 2023 (Zdroj: Český hydrometeorologický ústav)	29
Tabulka 4 - Součinitel výtěžnosti odvodňované plochy (sběrné) (Zdroj: ČSN EN 16941-1).....	30
Tabulka 5 - Potřeba nepitné vody k účelům zalévání nebo kropení (Zdroj: ČSN 756780)	31
Tabulka 6 - Průměrná roční potřeba vody k účelům zalévání (Zdroj: Vyhláška č. 428/2001 Sb.).....	31
Tabulka 7 - Výše podpory (Zdroj: Státní fond životního prostředí ČR)	39