

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA PLÁNOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL



**Fakulta životního
prostředí**

Návrh technického a provozního řešení využití
dešťové a vyčištěné odpadní vody pro závlahu
u RD.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor práce: Bc. Martin Brokeš

Vedoucí Práce: Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce: Bc. Martin Brokeš
Studijní program: Regionální environmentální správa
Vedoucí práce: Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka
Garantující pracoviště: Katedra plánování krajiny a sídel
Jazyk práce: Čeština

Název práce: **Návrh technického a provozního řešení využití dešťové a vyčištěné odpadní vody pro závlahu u RD.**

Název anglicky: **Use of rain and treated water for a garden irrigation.**

Cíle práce: Vypracovat rešerši problematiky využití dešťové vody zachycené na pozemcích rodinných domků a z domovní ČOV (hydrologické, technologické stavební a legislativní aspekty). Zpracovat zjednodušený návrh řešení provozu (bilance závlahové vody, řešení přebytku/nedostatku).

Metodika: Na příkladu rodinného domku navrhnete konkrétní řešení i ve variantách. Zjistíte možnosti využití dotačních titulů. Diskutujte návratnost investice. Šířeji zpracovanou rešerši pramenů použijte k argumentaci pro maximální využívání dešťových vod a DČOV v tomto typu bydlení.

Doporučený rozsah práce: 40 stran + přílohy

Klíčová slova: dešťová voda, domovní ČOV, dotace, operační program, EU, SFŽP.

Doporučené zdroje informací:

1. DAI, H T. *Vláhové režimy půd při lokalizovaných závlahách : doktorská dizertační práce*. Praha: ČZU-LF, 1998.
2. HELBERG, T. -- VĚTVIČKA, V. -- BORSTELL, U. *Voda v zahradě*. Praha: Svojtka & Co., 1999. ISBN 80-7237-097-9.
3. SIEGEL, S M. -- ŠKAPOVÁ, H. *Budiž voda : izraelská inspirace pro svět ohrožený nedostatkem vody*. Praha: Aligier s.r.o., 2016. ISBN 978-80-906420-0-3.
4. ŠÁLEK, J. *Voda v domě a na chatě : využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.
5. TLAPÁK, V. -- TLAPÁK, V. -- LEGÁT, V. -- ŠÁLEK, J. *Voda v zemědělské krajině*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1992. ISBN 80-209-0232-5.

Předběžný termín obhajoby: 2021/22 LS - FZP

Elektronicky schváleno: 21. 2. 2022
prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 22. 2. 2022
prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.
Děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma: Návrh technického a provozního řešení využití dešťové a vyčištěné odpadní vody pro závlahu u RD vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

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

V Příbrami 13. 9. 2021

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych na tomto místě poděkovat vedoucímu práce, Dr. Ing. et Ing. Miroslavu Kravkovi, za vedení této práce, věcné rady a připomínky, trpělivost a motivující přístup.

Dále patří poděkování mé rodině, kolegům z AOPK ČR a všem, kdo mě během vytváření diplomové práce podporovali.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou využití dešťové vody zachycené na pozemcích rodinných domků a dále s využitím bílých vod pro splachování toalet a zálivku vegetačních prvků rodinného domu. Smyslem je vytvoření jednoduchého řešení provozu takového zařízení.

První část se skládá z teoretické části s podrobnou rešerší k dané problematice. Zahrnuje definování důležitých pojmů, technické řešení problematiky v souvislosti s platnou legislativou. Jsou definovány typy odpadních vod, popsána legislativa v oblasti s nakládáním s odpadními vodami a dále je popsán modelový příklad. Na modelovém příkladu budou navrženy čtyři variantní řešení, jakým způsobem lze v dnešní době nakládat se srážkovými vodami a dále pracuje s možným využitím bílé vody jak pro splachování toalet a dále jako další zdroj vody pro zálivku vegetačních prvků na zahradě rodinného domu.

V další části jsou shrnuty výsledky variantních řešení včetně vyměření finanční náročnosti jednotlivých technologií pro nakládání se srážkovou vodou, s kterými je pracováno v této diplomové práci. Budou navrženy čtyři variantní řešení a dále popsána možnost čerpání dotačních titulů, které jsou určeny na podporu opatření s nakládání se srážkovou vodou a recyklací šedé vody.

Klíčová slova:

dešťová voda, domovní ČOV, dotační politika, dotační tituly, OPŽP, SFŽP, EU

Abstract

The diploma thesis deals with the research of the use of rainwater captured on the land of family houses and also with the use of white water for flushing toilets and watering the vegetation types of the family house. The meaning is to create a simple solution for the operation of such a device.

The first part consists of a theoretical part with a detailed search on the issue. It comprise the definition of important terms, technical solutions to issues in connection with applicable legislation. The types of wastewater are defined, the legislation in the field of wastewater management is described and a model example is described. Four alternative solutions will be

proposed on the model example, how rainwater can be treated today and it also works with the possible use of white water both for flushing toilets and as another source of water for watering vegetation types in the garden of a family house.

The next part summarizes the results of alternative solutions, including measuring the financial demands of individual technologies for rainwater management, with which is worked in this thesis. Four variant solutions will be proposed and the possibility of drawing subsidy titles will be described, which are intended to support measures with the treatment of rainwater and gray water recycling.

Keywords:

rainwater, domestic sewage-treatment works, subsidy policy, subsidy, OPZP, SFZP, EU

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce	2
3. Literární rešerše.....	2
3.1 Závlaha.....	2
3.2 Využití dešťové vody (varianta č. 1)	4
3.3 Typy odpadních vod	7
3.4 Šedá voda a žlutá voda	9
3.4.1 Kombinace využití srážkových a šedých vod (varianta č. 2)	9
3.4.2 Využití šedé vody (varianta č. 3).....	10
3.4.3 Proces recyklace šedých vod	13
3.4.4 Účinnost čištění šedých vod	16
3.4.5 Technologický postup instalace systému na recyklaci šedé vody	19
3.4.6 Využití žluté vody (varianta č. 4)	21
3.5 Domácí čistírny odpadních vod	23
3.6 Legislativa a normalizace	25
4 - Modelový příklad.....	28
4.1 Informace o stavbě.....	28
4.2 Velikost akumulční nádrže – výpočet	32
4.3 Výpočet předpokládaného množství vody nutné k zálivce zahrady rodinného domu	42
4.4 Postup a nutné kroky k realizaci navrhovaného opatření.....	50
5. Dotační tituly a možnosti podpory	52
6. Diskuze - Sumarizace a bilance modelového případu	55
6.1. Varianta č. 1 použití dešťové vody pro zálivku zahrady	58
6.2. Varianta č. 2 použití dešťové vody pro zálivku zahrady a pro splachování WC	59
6.3. Varianta č. 3 použití bílé a srážkové vody pro splachování WC a zálivku zahrady	60
6.4. Varianta č. 4, nakládání se žlutými vodami, bezvodý pisoár	62
7. Závěr	64
9. Seznam zkratk.....	66
10. Seznam obrázků	68
11. Seznam tabulek	70
12. Seznam grafů.....	71
13. Přehled literatury a použitých zdrojů.....	72

1. Úvod

Voda je jednou z nejcennějších surovin, kterou na této planetě máme. Je nezbytnou podmínkou pro život člověka, ale i pro ostatní živočichy a rostliny. Je proto důležité o tento zdroj náležitě pečovat. Právě v dnešní době probíhající klimatické změny a růstu lidské populace a její spotřeby, jsou nároky na přístup k pitné vodě daleko větší, než tomu bylo v minulosti. Nedostatečné zdroje pitné vody v některých lokalitách, na příklad i v České republice, kterými jsou například lokality na jižní Moravě, se systémy pro úpravu srážkové vody a recyklaci vody šedé stávají nutností.

Tato diplomová práce se zabývá návrhem konkrétního řešení nakládání se srážkovou a šedou vodou pro rodinný dům. Jak již bylo řečeno, nutnost realizace systémů pro nakládání se srážkovou vodou je z hlediska ekologického a stále více i z hlediska ekonomického, velice důležitá. V rámci řešeného tématu byla zpracována čtyři variantní řešení a byly zjištěny podmínky pro možnosti podpory z různých dotačních titulů. Dále je pro každou variantu diskutována její návratnost.

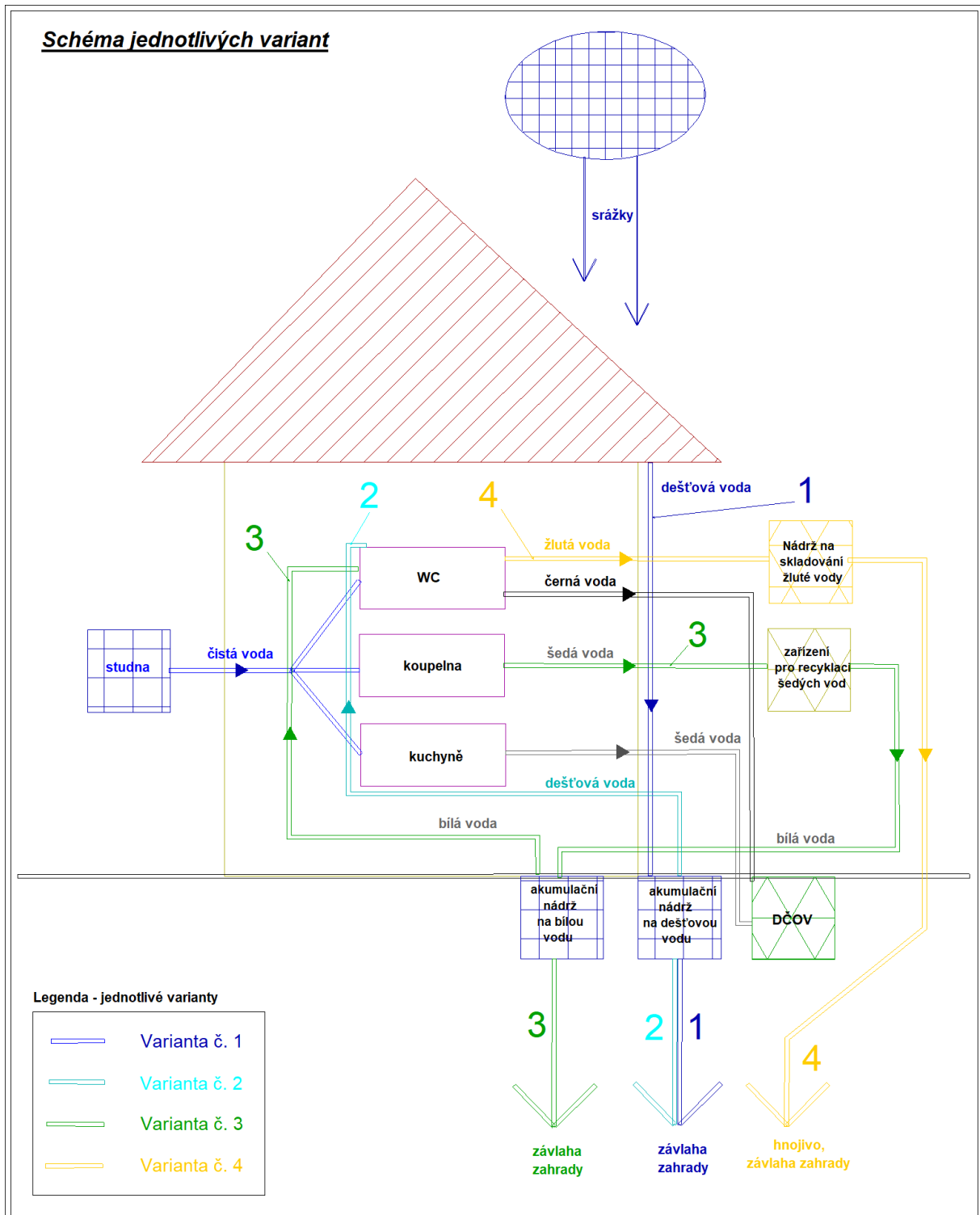
2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je průzkum možností využití srážkových vod, recyklace některých vod šedých vznikajících v rodinném domě a jejího dalšího využití jako vody užitkové například pro závlahy vegetačních prvků na zahradě rodinného domu, či jako voda vhodná na splachování toalet. Součástí této diplomové práce je literární rešerše problematiky, která se týká hospodaření s dešťovou vodou a nakládání s recyklací vody šedé. Rešerše nahlíží na problematiku ze čtyř směrů, které jsou předmětem této diplomové práce. Schéma jednotlivých variant je vyobrazeno v obrázku č. 1.

- Varianta označená číslem 1 na obrázku č. 1 se zaměřuje na nakládání s vodou dešťovou a její použití pro závlahu vegetačních prvků na zahradě rodinného domu.
- V další variantě je dešťová voda používána jak pro splachování, tak i pro závlahu. Tato varianta je označena číslicí 2, na obrázku č. 1.
- Třetím případem je využití recyklovaných šedých vod vzniklých v koupelně rodinného domu pro závlahu zahrady a splachování toalet. Tato varianta je označena číslicí 3, na obrázku č. 1.
- Poslední variantou, která je řešena v rámci této diplomové práce je varianta, která řeší recyklaci vod žlutých. Tato varianta je označena číslicí 4, na obrázku č. 1.

V další části se diplomová práce zabývá popisem finanční stránky jednotlivých variant, které jsou v této práci diskutovány, včetně návratnosti jednotlivých opatření. Problematika nakládání se srážkovými vodami a recyklací šedých vod je porovnávána z pohledu technického, ekologického i ekonomického. Součástí této práce je rovněž popis a shrnutí možných dotačních příležitostí a popsána konkrétní podpora týkající se opatření, která jsou předmětem této diplomové práce.

Schéma jednotlivých variant



Obr. 1: Schéma jednotlivých variant řešení v diplomové práci (Brokeš, 2022)

3. Literární rešerše

3.1 Závlaha

Smyslem této diplomové práce je popsání procesů probíhajících při nakládání s dešťovou vodou a přečištěnou vodou šedou, která je primárně použita na závlahy vegetačních prvků v rodinném domě. Pro úplnost je potřeba dodat, že jedna diskutovaných variant řešených v této diplomové práci je založena na recyklaci žluté vody. Potřeba zabývaní se závlahou jsou stávající vláhové poměry a konkrétní potřeby dané oblasti nebo konkrétních druhů plodin. Tato práce se zabývá hlavně problematikou zachycování a dalšího použití srážkových vod nebo v kombinaci spolu s bílou vodou pro zálivku rodinného domu. Při zpracovávání literární rešerše dané problematiky, která se týká zavlažování, vyplynulo, že srážková voda, která je nutná k zálivce vegetačních prvků, je řešena a popisována hlavně z hlediska zemědělských plodin. Nutno ovšem říci, že tato problematika je řešena u zemědělských plodin řešena velmi dlouho a dá se říci, že se prolíná se samými počátky zemědělství. Jak již bylo řečeno, realizace opatření zajišťující dostatečné množství vláhy pro daný vegetační prvek vychází z potřeby vyrovnání nebo doplnění množství chybějících dešťových srážek z jiného zdroje, a to v době, která je srážkově podprůměrná. Potřebnost takových opatření vychází z nedostatku pitné vody, kdy v některých oblastech, jako je tomu například v rámci České republiky na některých lokalitách na Jižní Moravě, kde dochází k nedostatku pitné vody (Gray, 2010).

Téma pitné vody a potřeba zajištění dostatečné zálivky pro zemědělské plodiny je celosvětovým problémem. Je kladen stále větší důraz na šetrné nakládání s pitnou vodou a v maximální možné míře její další recyklování a opětovné používání. Dalším argumentem pro hledání nových a účinnějších technologií je rovněž neustále se zvedající cena pitné vody, respektive vodného a stočného (Kohout a kol, 2002; Beran, 2005).

Obecně lze závlahy rozdělit do několika kategorií. První kategorií je závlaha podmokem. Zálivka je přivedena kanály na lokalitu, někdy může být přivedena podzemním potrubím, kde dochází k jejímu zasakování. Dalším druhem je závlaha přeronom. Tato závlaha pracuje na principu protékající vody. Tento druh závlahy není vhodný pro velká území, kde dochází k velkým ztrátám výparem. Dalším druhem je závlaha výtopou. Jedná se o stojící vodu na předemném místě, která je tam zanechána delší dobu. Vodní sloupec vody v takovém případě může být až 30 cm. Na rozdíl od ostatních druhů závlah, je tento systém velmi náročný na množství zálivkové vody. Závlaha postřikem je další druhy závlahy, kdy se jedná o

rozstřikování přivedené vody na pozemky. Zdrojem může být vodní tok nebo vodní nádrž. Tato technologie je velmi náročná na vynaložené energie. V těchto systémech musí být zajištěn neustálý tlak a musí být zajištěna dostatečná velikost kapek. Tento typ závlahy je nejrozšířenější v ČR (Elbl, 2015)

Výše vyjmenované způsoby se používají primárně v zemědělství. Pro účely závlahy vegetačních prvků na zahradách rodinných domů se používají hlavně menší a dalo by se říci úspornější technologie. V případě instalace automatického systému zavlažování se většinou jedná o dva až tři způsoby zavlažování. Pro závlahu travnatých ploch se používají většinou trysky, které rozstřikují rovnoměrně vodu a pro místa, kde je vhodnější volit spíše cílenou závlahu, jako jsou například záhony, výsadby stromů, keřů trvalek, je pak vhodnější zvolit kapkovou závlahu. Může se jednat o rosné tyče, případně hadice, které jsou v určitých místech perforované a kde se uvolňuje vlaha po kapkách v určitých rozestupech a tím je docíleno rovnoměrného promokření prostoru.

Co se týká kvality závlahové vody, tak je nutné, aby takováto voda neobsahovala žádné chemické příměsi a byla biologicky nezávadná. Zásadní podmínkou je, aby závlahová voda měla přiměřenou teplotu. Teplota dešťové nebo říční vody je v takových případech vyhovující pořádku oproti například studniční vodě, která má teplotu nižší a pro závlahu není zcela vhodná (Beran, 2005; Slavík 2002).

3.2 Využití dešťové vody (varianta č. 1)

Využití dešťové vody pro závlivku vegetačních prvků zahrady rodinného domu je v této diplomové práci označeno jako varianta č. 1 viz. Obr. č. 1. Tyto vody pocházejí z atmosférických srážek a jsou odváděny do kumulační nádrže a to i v případě, že občas protékají zakrytým úsekem, pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních (Synáčková, 2014)

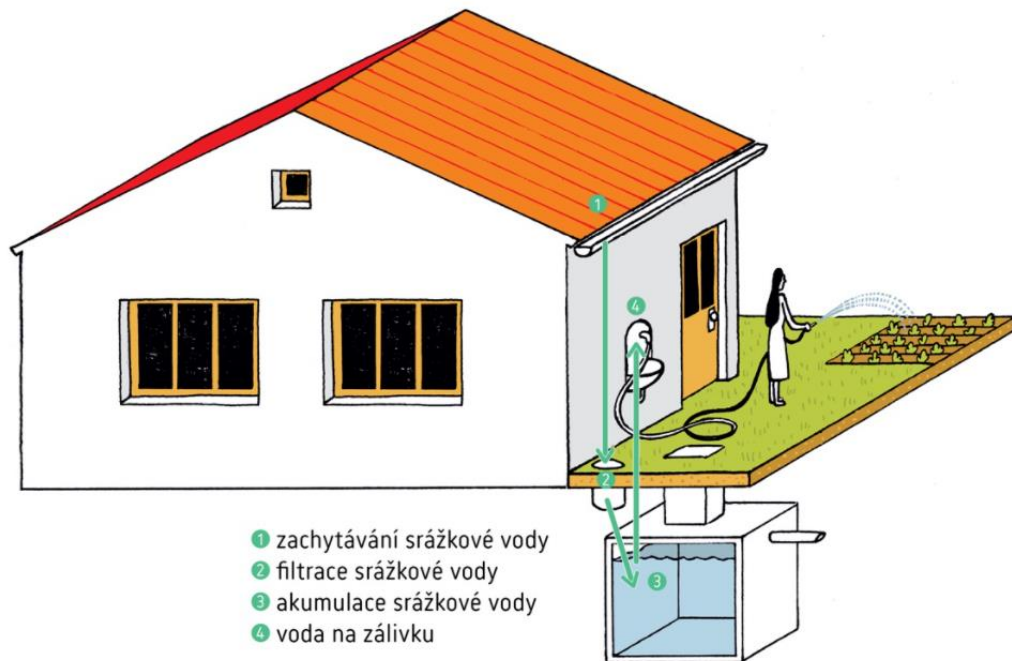
Dešťové vody jsou primárním zdrojem koloběhu vody na území v České republice. Jsou jediným zdrojem vody, jelikož na naše území není žádnou řekou voda přinášena. Bohužel je tato skutečnost často opomíjena. Z tohoto důvodu si množství srážek a dlouhodobá změna ročních srážkových úhrnů zasluhuje velkou pozornost. V našich podmínkách jsou střídána období, kdy jsou srážky na minimální úrovni s obdobími, která jsou srážkově nadprůměrná. Stále častěji se vyskytující suchá období, v kombinaci s mírnou zimou bez sněhové pokrývky, velmi negativně ovlivňují spodní i povrchové vody (Pavelková Chmelová, a kol., 2013).

Jak vyplývá z kapitoly č. 8 Diskuze, v porovnání s celkovými náklady na stavbu rodinného domu, není částka spojená s nakládáním se srážkovou vodou nijak vysoká. V dnešní době je recyklace srážkové vody nezbytností. Srážková voda u rodinných domů vzniká primárně na střeších. Obecně se do výpočtů srážkových vod, které mají vliv na poměry na zahradě rodinného domu, se počítají kromě střeš i zpevněné plochy na pozemku. Tento výpočet je součástí modelového případu. Likvidace srážkové vody z těchto ploch je řešena většinou vsakováním, kdy jsou plochy nepatrně vyspádovány do okolního terénu, kde potom probíhá vlastní vsakování (MMR, ©2019).

Obecně se v praxi používají dva typy vsakování. Jedním je podzemní vsakování a druhým je povrchové vsakování. V této diplomové práci je se srážkovou vodou nakládáno jako s vodou kumulovanou primárně pro závlahu zahrady. V dalších variantách je tato voda využita pro splachování toalety a rovněž i pro závlivku zahrady rodinného domu (MŽP, ©2019).

Množství srážkové vody a její výpočet pro konkrétní modelový případ jsou uvedeny v dalších kapitolách, konkrétně se jedná o kapitolu 4 Modelový příklad.

Následující obrázek zjednodušeně popisuje pohyb srážkové vody, která je využita pro závlivku zahrady rodinného domu.



Obr. 2: Jednoduché schéma využití dešťové vody (www.dotacedestovka.cz, upravil Brokeš)

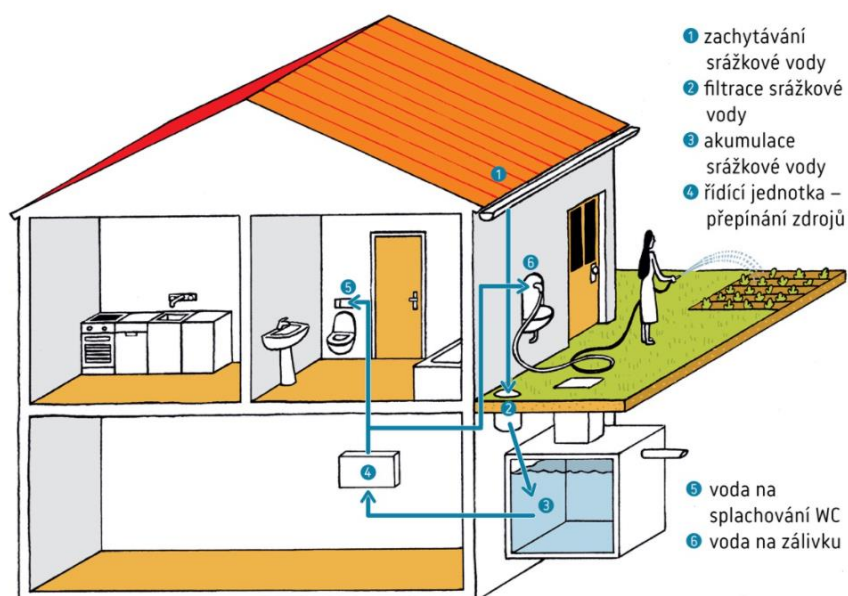
Úprava srážkové vody probíhá jednoduchou filtrací mechanických nečistot, na obrázku č. 2 se jedná o prvek označený 2 – filtrace srážkové vody. Jedná se o jemná síta, která jsou umístěna většinou u nátoku do filtrační nádrže (Šálek a kol. 2012).



Obr. 3: Filtrace srážkových vod (<https://www.belis.cz/10-detail-vyuziti-destove-vody-filtrace-destove-vody>)

Na obrázku č. 3 je vyobrazen jednoduchý filtr mechanických nečistot. Tento konkrétní je výrobkem společnosti DRAINSTAR. Filtračních systémů pro dešťovou vodu je velká řada a veliké množství výrobců. Většinou se jedná o systémy, kde je nainstalováno sítko, které je u některých typů potřeba pravidelně čistit. Existují i systémy, kde proces čištění probíhá automaticky a není potřeba pravidelného čištění (Mlejnská, a kol. 2009; ASIO, ©2021)

S dešťovou vodou a jejím využitím je pracováno v rámci varianty č. 2., kdy je upravená dešťová voda rovněž využita pro splachování toalet. Následující obrázek popisuje jednoduché schéma druhé varianty, která je diskutována v této diplomové práci.



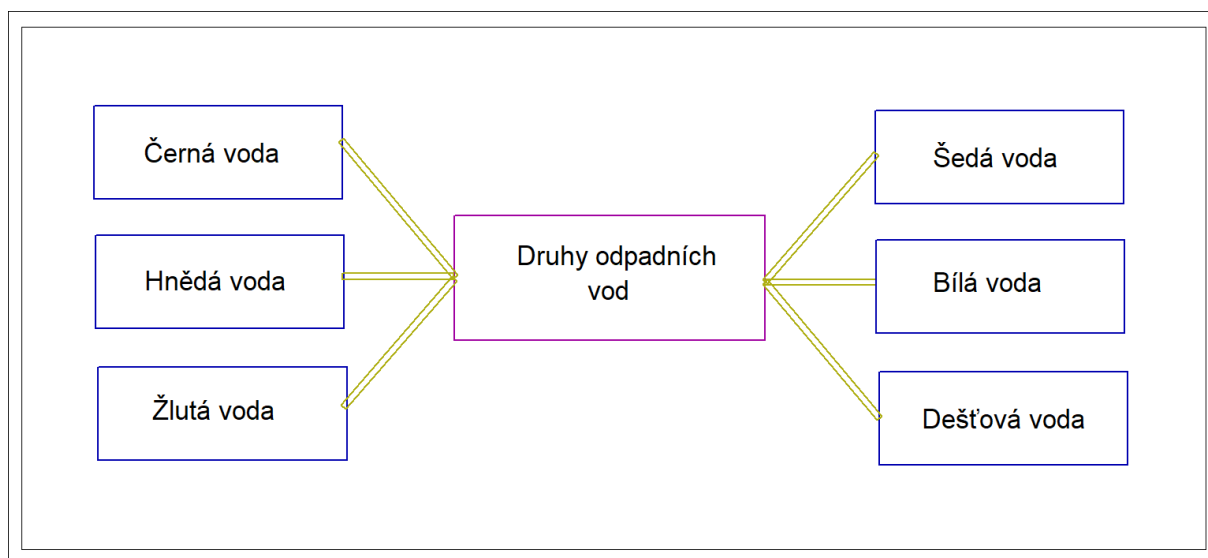
Obr. 4: Jednoduché schéma využití dešťové vody pro závlivku zahrady a pro splachování toalet (www.dotacedestovka.cz upravil Brokeš, 2022)

Tato varianta je technologicky náročnější oproti té první, kdy je dešťová voda po úpravě využívána pouze pro závlivku zahrady. V této variantě je nutná instalace dalších rozvodů vody, které směřují z akumulární nádrže do řídicí jednotky a dále pak jako médium pro splachování toalet. Z tohoto vyplývá, že nákladovost je vyšší oproti první variantě. Konkrétní popis je uveden v dalších kapitolách, konkrétně v kapitole č. 4, kde je popisován modelový příklad rodinného domu a dále pak v kapitole č. 7 Výsledky, která obsahuje i finanční náročnost jednotlivých variant.

3.3 Typy odpadních vod

Jelikož zbývající varianty, které jsou v této práci řešeny se zabývají recyklací některých typů odpadních vod je následující kapitola určena popisu odpadních vod, které vznikají v rámci spotřeby pitné vody v rodinných domech. Pro tuto diplomovou práci jsou diskutovány hlavně černé, šedé a žluté vody. Smyslem této diplomové práce navrhnout řešení systému nakládání s odpadní a srážkovou vodou a její následné použití pro opětovné použití v domě jako bílou vodu, dále pak jako vodu na závlahy u rodinného domu a nakonec pro danou technologii navrhnout konkrétní dotační titul, který systémy pro nakládání s odpadní vodou finančně podporuje.

V následujícím obrázku jsou vyobrazené jednotlivé odpadní vody, které vznikají spotřebou pitné vody.



Obr. 5: Rozdělení druhů odpadních vod (Brokeš, 2022)

Jak již bylo řečeno, spotřebou pitné vody vznikají různé druhy odpadních vod a jsou rozděleny dle kategorií, kde vznikají (Pitter, 2015)

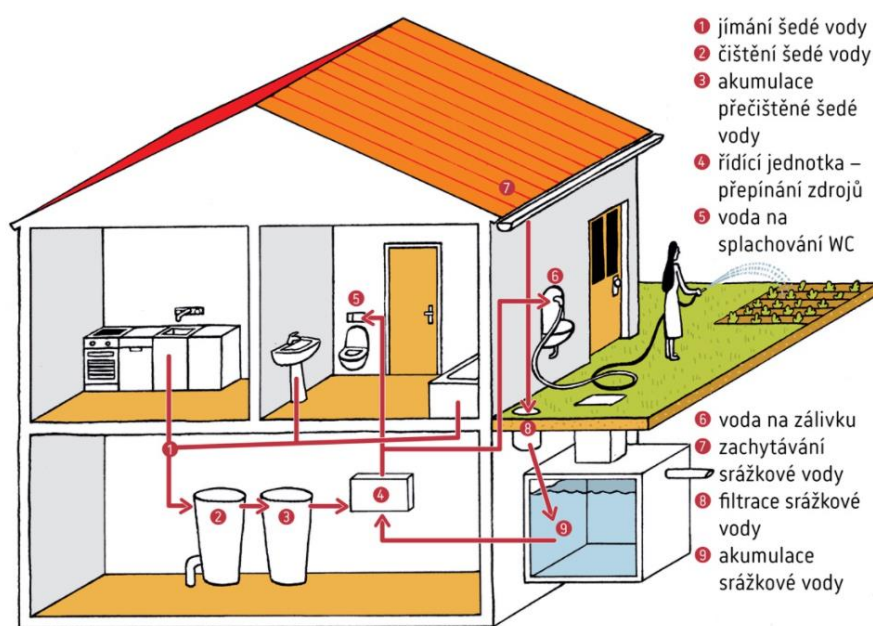
- černá voda
 - o jedná se o veškerou odpadní vodu z domácnosti, včetně vody z toalet (Kučerová a kol., 2010)

- voda z toalet, do této kategorie patří:
- hnědá voda
 - část černé odpadní vody, která obsahuje fekálie
- žlutá voda
 - část černé odpadní vody, která obsahuje moč
- šedá voda
 - část černé odpadní vody, která vzniká v koupelnách, při použití praček a z kuchyní (Beránková, 2016)
 - šedá voda se dále rozlišuje na dvě kategorie
 - světle šedá voda
 - odpadní voda, která vznikla při použití umyvadel, van, sprch a praček. Tento druh vody je velmi vhodný pro následnou recyklaci a další použití.
 - Tmavě šedá voda
 - Odpadní voda, která vzniká v kuchyni při mytí nádobí a z myček na nádobí. Tento druh odpadní vody není vhodný pro recyklaci
- Bílá voda
 - Tato voda vzniká přečištěním šedé vody a je vhodná pro další použití, jako provozní voda pro účely v domácnosti.
- Dešťová voda
 - Někdy je rovněž nazývaná srážková. Jedná se o vodu zachycenou během deště.

3.4 Šedá voda a žlutá voda

3.4.1 Kombinace využití srážkových a šedých vod (varianta č. 2)

Tato kapitola se zaměřuje na variantu č. 2. V této variantě se pracuje jak se srážkovou vodou tak i recyklací šedé vody. Samotné využití přečištěné šedé vody je předmětem třetí varianty této diplomové práce, kterou je využití přečištěné šedé vody na splachování toalet a dále jako voda, kterou lze využít pro závlivu vegetačních prvků na zahradě rodinného domu. Následující obrázek znázorňuje jednoduché schéma koloběhu šedé vody a jejího využití spolu se srážkovou vodou.



Obr. 6: Schéma použití šedé a srážkové vody (www.dotacedestovka.cz upravil Brokeš, 2022)

V této variantě dochází k akumulaci srážkové vody a zároveň dochází k recyklaci šedé vody z umyvadel a vany. Tato šedá voda je svedena do nádrže, kde dochází k jejímu čištění. Na obr. č. 6, se jedná o prvek číslo 2. Dále takto čištěná voda přechází do akumulární nádrže přečištěné vody, prvek č. 3. V této variantě je důležitý prvek č. 4, kterým je řídicí jednotka, která se stará o přepínání zdrojů vody. Jednak může docházet k závlivce zahrady nebo splachování toalet přečištěnou šedou vodou z akumulární nádrže, která je v obrázku č. 6 označena jako prvek č. 3 nebo může docházet k čerpání z akumulární nádrže dešťové vody.

Celkové množství vody na planetě je, ať už se jedná o podzemní, povrchovou, atmosférickou, nebo vodu vázanou v ledu, stálé a konstantní. Z tohoto celkového množství je pro lidstvo dostupná pouze malá část, tudíž je nutné a důležité, aby bylo s touto komoditou šetrně nakládáno. Díky změně klimatu je přístup k pitné vodě pro některé části jak planety, ale i v rámci České republiky, velmi obtížný. Podmínky a předpisy Evropské unie v oblasti nakládání s odpadními vodami se pro nás staly závazné rokem 2004, kdy se Česká republika stala členem Evropské unie, závazné (Caha a kol.,2013).

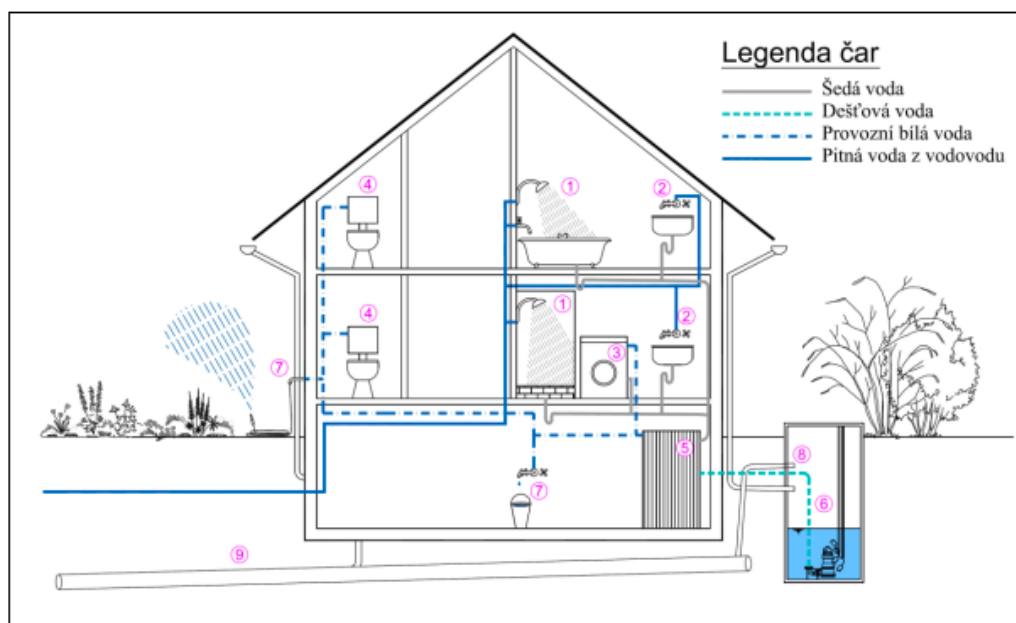
V rámci České republiky se problematika nedostatku pitné či užitkové vody pro zálivku, týká především některých lokalit v Jihomoravském kraji. Proto je velmi důležité odpadní vody čistit, upravovat a v ideálním případě tyto vody používat nejlépe v místě jejich vzniku. Použití takových vod pro zavlažování nebo přečištěné šedé vody pro splachování v případě rodinných domů je velmi ekonomické. Převážná většina rodinných domů je obklopena vegetací a zelenými plochami, které v období vegetace a v případě nedostatku dešťových srážek je nutné zavlažovat. Z toho důvodu je využívání srážkových vod a přečištěných šedých vod na zálivku velmi přínosné (Bartoník a kol., 2011)

3.4.2 Využití šedé vody (varianta č. 3)

V rámci této diplomové práce se ve třetí variantě zaměřuji na recyklaci některých šedých vod. Konkrétně se bude jednat recyklaci šedých vod které vznikají při používání domu zejména z koupelnách. Tyto vody neobsahují tuk, fekálie a moč. Tato šedá voda lze po určité úpravě použít opětovně jako tzv. bílá voda a může se dále využívat pro splachování záchodů, pisoárů a jako závlaha pro zalévání zahrad. Využívání šedých vod začíná být stále více nutností a snižuje spotřebu pitné vody, která se stává stále cennější pro celou populaci (Sklenářová, 2009).

Šedé vody se dále dají rozlišit několika kategoriemi (Plotěný, 2011). Konkrétně se jedná o tyto:

- Neseparované šedé vody
- Šedé vody z kuchyní a myček
- Šedé vody z praček
- Šedé vody z umyvadel, van a sprch



Obr. 7: Vznik šedých vod v rámci rodinného domu (Raček, 2016)

1	sprcha
2	umyvadlo
3	pračka
4	toaleta
5	čistící jednotka šedé a dešťové vody
6	nádrž na dešťovou vodu
7	odběr bílé vody
8	bezpečnostní přepad
9	kanalizační přípojka

Tab. 1: Legenda k obrázku č. 7 (vlastní zpracování, 2022)

Hlavní výhodou nakládání s šedými odpadními vodami je menší spotřeba pitné vody a dále stále se zvětšující nedostatek kvalitních zdrojů pitné vody. Je také nutné zmínit menší zatížení životního prostředí nutrienty. Upravená šedá voda obsahuje méně prvků jako dusík, fosfor a další organické znečištění oproti neseperovaným odpadním vodám (EurEau, 2022).

Všechny odpadní vody jsou více méně zatížené znečištěním. Nejvhodnější odpadní voda pro další recyklaci, je voda vyprodukovaná používáním sprch, van a umyvadel. Méně vhodná je už pak k recyklaci voda z kuchyně. Tato voda často obsahuje velké množství saponátů, tuků atd. Separování odpadních vod a jejich samostatné čištění a opětovné využívání se začíná velmi rozvíjet zvláště v posledních letech (Bogaňová, 2012).

Tyto nové způsoby a technologie nakládání s odpadní vodou se z ekonomického hlediska nejlépe zavádějí u nových staveb nebo u komplexních rekonstrukcí budov. Jak vyplývá z výše zmíněného, realizace technologií a potřebné infrastruktury pro recyklaci šedých vod, je v první investiční fázi náročnější z hlediska nákladovosti a to z důvodu nutnosti realizace dvojích a oddělených rozvodů jak přívodu vody, tak kanalizačních potrubí pro černou vodu a šedou vodu (Bartoník, 2012).

Zvolení konkrétní technologie recyklace šedé vody se odvíjí od odhadu produkce jednotlivých druhů odpadních vod v daném objektu. Tyto technologie bývají většinou dvou či třístupňové a fungují na bázi aerobních biologických procesů. Průměrně se vyprodukované šedé vody u rodinných domů pohybují v objemu 55 – 112 litrů/ den / EO (MŽP, ©2011).

Recyklace šedých vod spočívá hlavně v její dezinfekci a filtraci. Asi nejčastější technologií je tzv. biologické čištění, které takovou vodu dezinfikuje a filtruje. Takto upravená voda může být následně skladována a dále využívána v domácnosti, například na splachování, úklid nebo závlahy. Jelikož se jedná o celkem nízké znečištění u šedých vod, je následná recyklace relativně snadná (Dolejš, 1996).

Recyklace šedých vod v domě je v porovnání s čistírnami odpadních vod zaměřených na černé vody, poměrně jednoduchá a efektivní. Použití konkrétní technologie je závislé na konkrétním místě využití. Pokud je potřeba recyklace většího množství šedé vody, například ve veřejných budovách, jedná se většinou o čistírny membránové, a je u nich nutná kvalifikovaná obsluha. Oproti tomu zařízení pro recyklaci menšího množství šedých vod má nároky na obsluhu minimální. Vždy je ovšem nutné konkrétní technologii zvolit s ohledem na očekávané množství vyprodukované šedé vody a na její předpokládané použití (MŽP, ©2019).

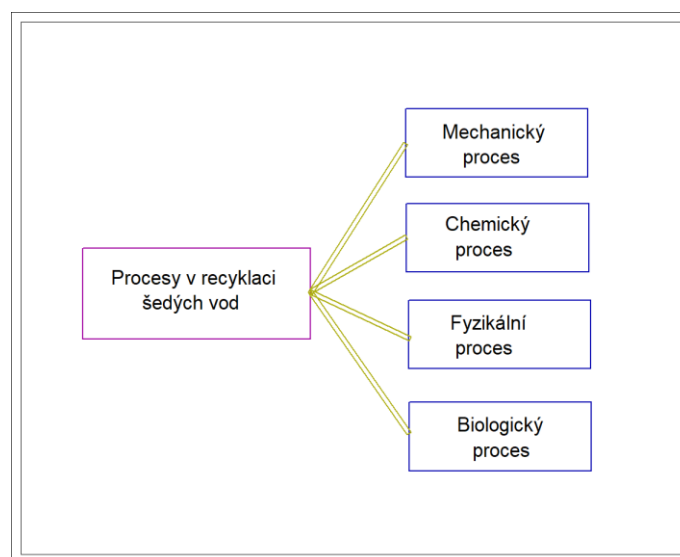
Množství šedé vody vyprodukované v domácnostech je zhruba 55 % celkového objemu odpadních vod. Produkované množství je závislé na denní aktivitě uživatelů.

Zdroje šedé vody (na 1 EO)	
Průměrná doba sprchování (min)	8
Průtok vody (l/min)	10
Sprcha (prům. počet za den)	1,25
Použití umyvadla (1 osoba/den)	3
Praní (l/prací dávku)	57
Praní (dávka / osoba / den)	0,33
Celkový průtok sprchy (l/den)	95
Celkové množství z umyvadel (l/den)	11
Celkové množství z praní (l/den)	18,5
Celková spotřeba vody (l/den)	125

Obr. 8. Zdroje šedé vody (<https://www.vodavdome.cz/recyklace-sede-vody-nevyuzity-zdroj-uvnitř-budovy/>, upravil Brokeš)

3.4.3 Proces recyklace šedých vod

Recyklace šedých vod může probíhat několika procesy:



Obr. 9: Procesy v recyklaci šedých vod (Brokeš, 2022)

Mechanické procesy se používají jako předstupeň celého procesu čištění odpadních vod. V některých případech je tento proces používán i samostatně, ale je tomu pouze v případě, pokud není potřeba kvalitnější úprava (česle, sedimentační nádrže, spádové a rotační síta, lapače tuků z odpadní vody kuchyně) (Jirmus, 2016).

Chemické procesy jsou založeny na dávkování desinfekčních prostředků do nasrádané vody. Nejčastěji se v tomto procesu používají chlor, ozon, brom, které zapříčiní zastavení tvorby mikroorganismů. Dále sem také mohou patřit oxidační procesy a rozklad látek pomocí fotokatalýzy nádrže (Šálek a kol. 2012).

Fyzikální procesy využívají k zadržování nečistot pískové filtry, které obsahují křemičitý písek, granulované aktivní uhlí (GAC) nebo antracit. Často jsou tyto náplně používány u membránové filtrace (Šálek a kol. 2012).

Posledním procesem je biologický proces, který využívá aerobních a anaerobních bakterií. Tyto bakterie dokáží zpracovat organické látky, které se v šedých vodách vyskytují. V rámci aerobního čištění lze vodu provzdušňovat dmychadlem případně vodními rostlinami (Jirmus, 2016).

Nejvyužívanějším způsobem čištění šedých vod je biologické čištění spolu s filtrací. Při tomto způsobu čištění je nejvíce využíván membránový bioreaktor (MBR). Toto zahrnuje dva stupně čištění, kdy prvním je předčištění. To může být realizováno, jak aerobním, tak anaerobním způsobem. Pro vody, které vycházejí z použití sprch, van a umyvadel je vhodnější použít aerobní způsob. Oproti tomu pro odpadní šedé vody vyprodukované užíváním kuchyní, kde je nutné ještě odstranit zbytky jídla a odstranit tuk, je výhodnější využití anaerobních procesů (Plotěný, 2011).

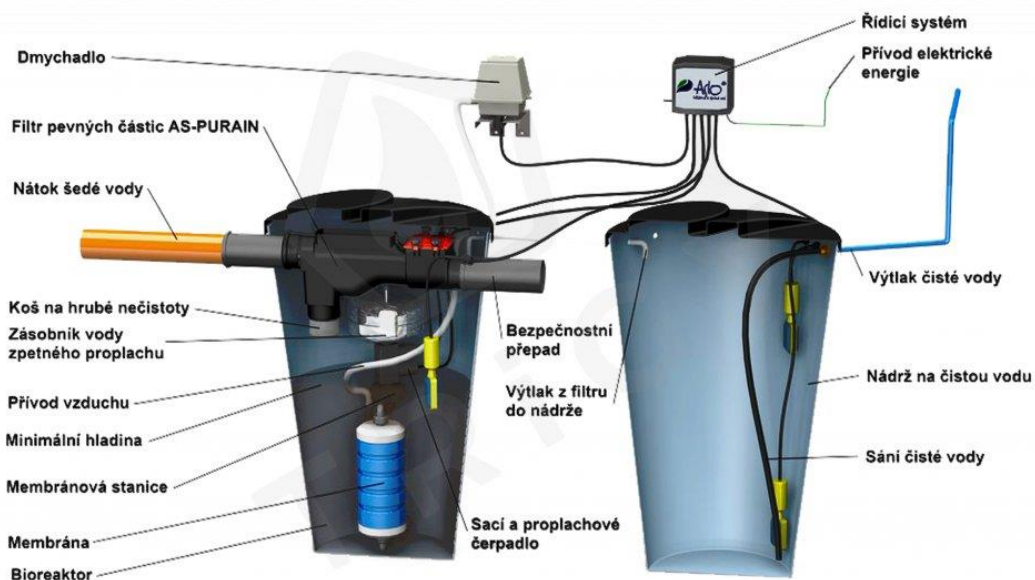
Jak již bylo řečeno výše úprava šedé vody spočívá v její dezinfekci a filtraci.

Filtrace šedé vody je odvislá od požadované výsledné kvality bílé vody. To lze zvolit filtrem s různou jemností sítky. V případě, že primárně bude vzniklá bílá voda použita na zalévání není nutností používat velmi jemná sítky. Jemná sítky jsou náročnější na častější údržbu. Nejčastěji se využívají tkaninové filtry s různou hrubostí. Principem tohoto procesu je dostat hodnotu BSK na takovou hodnotu, která umožní skladování takové vody a splňovala parametry, které vycházejí z normy ohledně bakteriálního znečištění. Takto upravené vody se pro zavlažování hodí nejvíce (Drew, 2016).

Další úpravou je dezinfekce šedé vody. Nejčastěji se voda chemicky upravuje pomocí chlóru, UV lampou nebo ozonem. Dezinfekcí dochází k eliminaci nárůstu biofilmu v potrubí. K tomu dochází hlavně v případě, že je voda skladována příliš dlouho. V tomto systému se musí

kontrolovat úroveň BSK, aby v případě dlouhodobého výkyvu nedošlo k biologickému nárůstu v potrubí (Drew, 2016).

Zařízení, které kombinuje obojí výše vyjmenované je biologické čištění pomocí membránového bioreaktoru. Tento systém je nejúčinnější a odstraňuje mechanické i biologické znečištění. Je sice finančně náročnější, ale výsledná kvalita bílé vody splňuje nároky i pro osobní hygienu a má tak mnohem širší využití (Lederer, 2013).



Obr. 10: Membránový bioreaktor (<https://www.estav.cz/cz/9981.recyklace-a-vyuziti-sedych-vod-v-rodinnem-dome/gallery?photo=2>, upravil Brokeš)

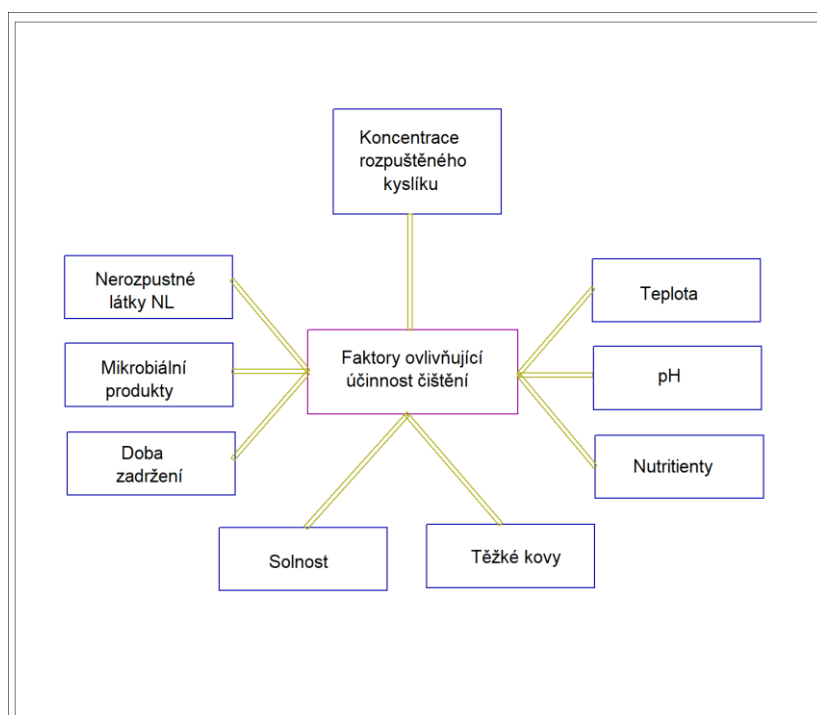
Použití systému recyklace šedých vod je vždy finančně náročnější oproti systémům čištění odpadních vod, které s šedou vodou a její recyklací nepracují. Je tomu hlavně z důvodu potřeby dvojího odděleného rozvodu splaškových vod. Sprcha, umyvadlo, pračka, myčka na nádobí, kuchyňský dřez a vana musí mít samostatnou kanalizaci a voda je sváděna přes filtr, který odstraňuje mechanické nečistoty, do reakční nádrže. V této nádrži se nejprve oddělují hrubé nečistoty jako jsou různá textilní vlákna, vlasy písek apod. Dále zde dochází k mechanickému

předčištění. Ve spodní části je umístěn membránový modul, kdy spodní část může tvořit aerační systém. Membrána je sendvičové těleso a póry mají velikost menší než 0,2 mikrometru. Nad takovým tělesem je osazeno čerpadlo, které pod tlakem nasává skrz membránu vodu a ta je odváděna do akumulární nádrže na čistou vodu. Z takové nádrže je voda dále rozváděna a použita v jednom případě jako voda na splachování toalet a v druhém případě je tato přečištěná voda rovněž používána pro zálivku vegetačních prvků (ASIO © 2011-2018).

Další možností je pak doplnit systém nakládání s recyklovanými šedými vodami, sběrem dešťové vody. V některých případech lze optimalizovat finanční stránku systému využitím šedých vod o instalaci výměníku tepla (Počínková, 2011). Tento systém pracuje s principem předání tepla šedé vody k jinému využití. Dalším silným argumentem pro instalaci systému pro nakládání s šedými vodami je, jak již bylo zmíněno výše, nedostatek kvalitních a dostatečných zdrojů surové nebo pitné vody. Dalším důvodem je pak neustále se zvyšující cena vody z veřejného vodovodu.

3.4.4 Účinnost čištění šedých vod

Dále je také nutné popsat v rámci této diplomové práce proces čištění a faktory, které tento proces ovlivňují. Základní faktory jsou uvedeny ve schématu, obr. č. 11.



Obr. 11: Faktory ovlivňující proces čištění šedých vod (Brokeš, 2022)

V případě rozhodování ohledně pořízení a instalace zařízení pro recyklaci šedých vod je nutné zvážit všechny výhody a nevýhody. Konečným ukazatelem a argumentem pro výběr systému, který využívá šedou vodu, není množství vyprodukované šedé odpadní vody, ale hlavně v případném návrhu zvážit budoucí potřebné a využitelné množství bílé vody. Je důležité brát v potaz, že při případném nadbytku vyprodukované bílé vody, která nebude spotřebována, budou navyšovány provozní náklady. V opačném případě, lze případný nedostatek recyklované šedé vody, která je spotřebována na zálivku, či pro opětovné použití jako užitková voda pro splachování, doplnit z veřejného vodovodu nebo z lokálního zdroje (studny) (Hophmayer-Tokich, 2006).

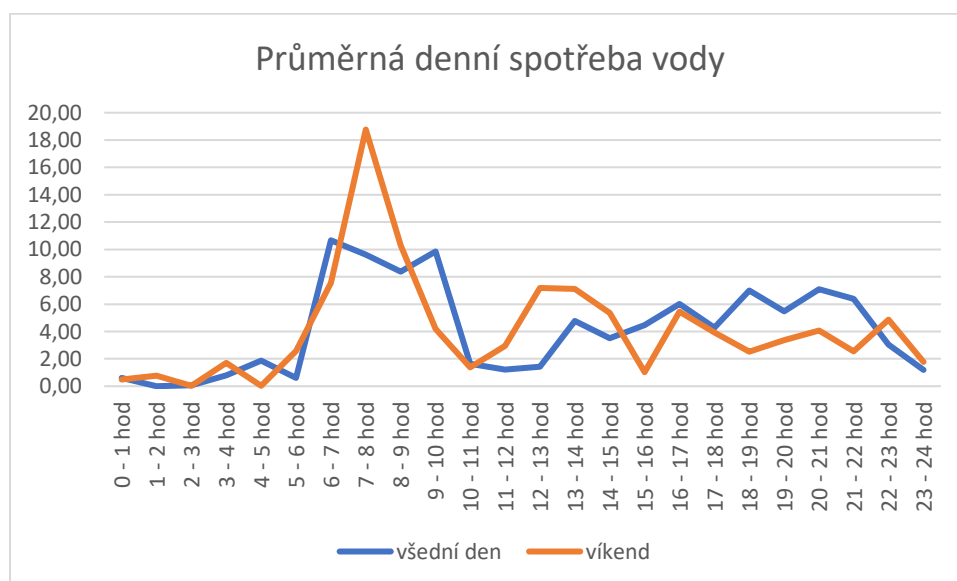
Pro výběr vhodné technologie je v modelovém příkladu, který je uveden v samostatné kapitole, nutné provést bilanční posouzení budoucí potřeby vody v rodinném domě. Hlavním parametrem pro posouzení je množství vyprodukované šedé vody. Dalším je pak posouzení produkované šedé vody a potřebné množství bílé vody pro konkrétní potřebu. Jak již bylo zmíněno výše obr. č. 7, šedá voda v domě je svedena do tzv. akumulární vyrovnávací nádrže, v které akumulována a je dále odváděna do samotného procesu čištění.

Výpočet produkce šedé vody v rodinném domě

V následující tabulce č. 2, je znázorněna průměrná spotřeba vody v rodinném domě za jednotlivé hodiny. V prvním sloupci jsou hodnoty všedního dne a v druhém jsou pak hodnoty víkendové. Pro lepší znázornění je pak přidán graf č. 1, který průměrnou denní spotřebu vody znázorňuje.

Hodina	všední den	víkend
0 - 1 hod	0,61	0,48
1 - 2 hod	0,00	0,77
2 - 3 hod	0,07	0,03
3 - 4 hod	0,79	1,7
4 - 5 hod	1,86	0,03
5 - 6 hod	0,60	2,58
6 - 7 hod	10,67	7,55
7 - 8 hod	9,61	18,77
8 - 9 hod	8,38	10,29
9 - 10 hod	9,86	4,2
10 - 11 hod	1,64	1,38
11 - 12 hod	1,22	2,95
12 - 13 hod	1,43	7,19
13 - 14 hod	4,77	7,12
14 - 15 hod	3,51	5,36
15 - 16 hod	4,46	1,02
16 - 17 hod	6,01	5,46
17 - 18 hod	4,28	3,93
18 - 19 hod	7,00	2,53
19 - 20 hod	5,47	3,38
20 - 21 hod	7,09	4,06
21 - 22 hod	6,40	2,56
22 - 23 hod	3,04	4,87
23 - 24 hod	1,20	1,78

Tab. 2: Produkce šedých vod v průběhu dne (Brokeš, 2022)



Graf č. 1: Průměrná denní spotřeba vody (Brokeš, 2022)

3.4.5 Technologický postup instalace systému na recyklaci šedé vody

V této kapitole je popsán technologický postup v případě instalace zařízení na recyklaci šedé vody. V jednotlivých krocích jsou vypsány rovněž i normy, které musí některá zařízení a postupy splňovat.

Vnitřní kanalizace šedé vody

Toto oddělení šedé a černé vody podléhá ČSN EN 12056-2. Tento postup předpokládá dvě oddělená potrubí. První potrubí odvádí černou vodu (záchodové mísy, pisoáry a velmi často také odpadní vodu z kuchyní a praček) a druhé potrubí je určeno pro šedou vodu, někdy se jí také říká lehká šedá voda a je to odpadní voda ze všech ostatních zařízení, jako jsou sprcha a umyvadla v koupelnách. Důležitým prvkem u oddělených svodů odpadních vod je odvětrání. Vnitřní kanalizace, stejně jako nádrže na šedou vodu, tyto musí být odvětrávány. Konkrétní návrh a dimenzování takové kanalizace, která se zabývá odvodem šedých vod je prováděn dle ČSN EN 12056-1,2, ČSN EN 752 a ČSN 75 6760. Norma ČSN uvádí výpočtové odtoky a stanovuje průtok odpadních vod. Dále musí zařízení plnit normu ČSN 75 9010, která řeší zabezpečení bezpečnostních přelivů a odtoků (MŽP, ©2019).

Akumulace přítoku šedé vody

Jedná se o velmi důležitý stupeň, který vyrovnává nerovnoměrný přítok do systému recyklace šedých vod, chrání aktivní biomasu před vymýváním a je rovněž důležitým stupněm při ochraně membrán před zanášením tuky. Šedá voda podléhá rychlé degradaci a doba zdržení by neměla přesahovat jeden den. Množství musí odpovídat maximální produkci bílé vody, která je v daném objektu spotřebovávána (MŽP, ©2019).

Jak již bylo řečeno výše, technologie recyklace šedých vod je možno realizovat několika způsoby. V rámci české republiky jsou používány hlavně tyto tři technologie.

- Membránové bioreaktory (MBR). Tato technologie je popsána výše v samostatném odstavci včetně obecného schématu (Lederer, 2013)..
- Dalším způsobem jsou tzv. Kořenové čistírny. V poslední době se jedná o velmi oblíbenou a populární technologii. Je to především s estetických a ideologických důvodů. Tato technologie při správném navržení a provozování může splňovat velmi náročné parametry z hlediska organických látek na odtoku. Nevýhodou této technologie jsou velké prostorové nároky (Jágllová a kol. 2009, Just a kol. 1999). Obecně platí, že potřebná velikost ploch pro

jednu EO je na úrovni 2 m². Tomu je tak v případech kdy vypouštěné hodnoty obsahují běžné koncentrace znečišťujících látek. V některých případech tak může plocha potřebná pro recyklaci šedé vody být až 5 m². U této technologie je nižší míra desinfekce protékající vody, proto je potřeba věnovat zvýšenou pozornost desinfekci odtoku.

- Biofiltry. Nejedná se o složité zařízení, které má při správném nastavení podobnou funkci jako kořenové čistírny a produkuje kvalitní odtokové poměry. Je vždy vyžadována desinfekce. Tato technologie zatím není příliš využívána (MŽP, ©2019).

Kumulace přečištěné šedé vody

Upravená šedá voda neboli bílá voda a její retence je velmi podstatný krok v recyklaci šedých vod. Jak již bylo řečeno výše, doba zdržení by neměla přesáhnout 1 den. Tento recipient nebo nádrž musí být dle ČSN EN 806-2, označena symbolem „Nepitná voda“ a musí být doplněna textem, že se jedná o provozní bílou vodu, aby bylo jasné, jaká voda se v nádrži nachází.

Doplňování srážkovou vodou

U tohoto kroku je důležité poznamenat, že se jedná o nežádoucí modifikaci. Je to hlavně z důvodu, že v objektech typu obytných budov nebo rodinných domů produkce šedé vody vždy převyšuje spotřebu bílé vody. Dešťová voda vždy obsahuje znečištění jednak organické, ale i anorganické. Dále je také při takovém postupu systém rozvodu bílé vody inokulován mikroorganismy, které tvoří biofilm a někdy způsobují zákal. Toto jsou hlavní důvody, proč by takové zařízení v obytných objektech a rodinných domech dle studie Ministerstva životního prostředí – Studie problematiky recyklace šedých vod v sídlech ČR, nemělo být používáno (MŽP, ©2019).

Desinfekce bílé vody

Nejvíce je v tomto kroku využívána chlorace, konkrétně chloran sodný nebo UV záření. Výhodou chlorace jsou nízká cena, dobrá účinnost, ale na druhé straně je velkou nevýhodou nutnost obsluhy takového zařízení a nákupy externích chemikálií. Oproti tomu u UV záření je neoddiskutovatelnou výhodou, že není vyžadována běžná obsluha. Nevýhodou je nestálost a to, že časem ztrácí tento způsob účinnost a má velkou spotřebu energie (MŽP, ©2019).

Rozvody bílé vody

Realizace potřebné infrastruktury se řídí dle pokynů jednotlivých výrobců a dle normy ČSN EX 806-4, a ČSN 75 5409.

Systém měření kontroly a kvality

Dle rešerše dané problematiky se jedná o celkem podceňovanou část technologického postupu nakládání s šedými vodami. Mnohdy je zařízení automaticky řízeno a omezuje se pouze na řízený přítok podle výšky hladin v nádržích a řízeného čerpání u MBR technologie, čerpání permeátu a čerpání přítoku desinfekčního činidla. Někdy bývá i řízené dávkování vzduchu. V těchto zařízeních jako jsou rodinné domy nebo případně bytové domy se on-line monitoring ani systém včasného varování v případě havárie nepoužívá (Raček, 2016).

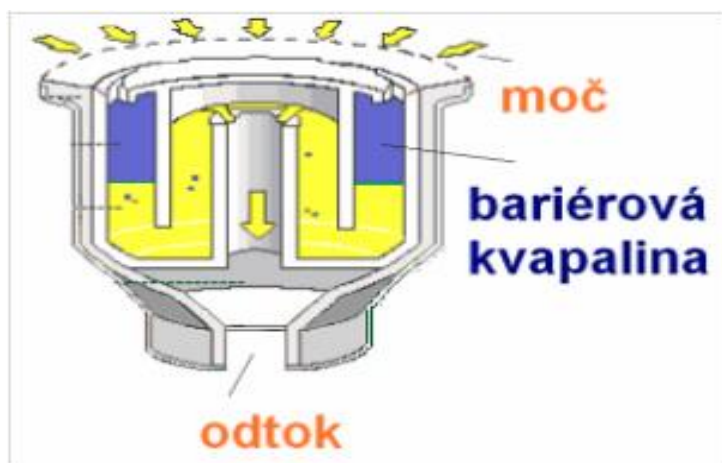
3.4.6 Využití žluté vody (varianta č. 4)

Použití technologie na recyklaci žlutých vod je předmětem čtvrté varianty. Viz obr.č. 1. Jak již bylo řečeno výše, žlutá voda je částí černé vody a je to voda, která obsahuje moč. Konkrétně se skládá z metabolických odpadů (močoviny), rozpuštěných solí, zejména chloridu sodného. Žlutá voda obsahuje velké množství nutrientů, zejména dusík (N), fosfor (P) a draslík (K), síra, bór a další prvky. Hodnoty těchto prvků jsou ovlivněny zejména stravou. Jelikož žlutá voda obsahuje určité množství fosforu, je nutná čtyřměsíční doba na stabilizace. Dále je dle doporučení nutné vodu naředit a to v poměru 1 : 3 (v případě bezvodých pisoárů). Pro hnojení stabilizované žluté vody se doporučuje naředit v poměru 1 : 8 s vodou. Pro komplexnost problematiky je také důležité zmínit, že člověk průměrně vyprodukuje 500 l moči za rok (ASIO © 2011-2018).

Rešerší bylo zjištěno, že recyklací žlutých vod je v poslední době hojně diskutovaným tématem. Je několik způsobů jak lze nakládat nebo zpracovávat žlutou vodu. Pro další použití a pro potřeby na zahradě rodinného domu je důležitá její hygienizace. Tato kumulovaná žlutá voda by se dle světové zdravotnické organizace měla nechat minimálně 4 – 6 týdnů odpočívat, tzv. uležet. Po této době je takto odleželá žlutá voda vítaný zdroj hnojiva na vegetační prvky rodinného domu. Je ovšem důležité zmínit určité omezení, a tím je, tato voda by neměla být aplikována na listovou zeleninu (Bindzar, 2004).

Že se jedná o velmi rozvíjející segment v rámci nakládání s odpadními vodami je vidět hlavně na počtu výrobců bezvodých pisoárů, akumulčních nádrží na žlutou vodu. Průzkumem bylo také zjištěno, že i když je tato technologie velmi slibná a dá se říci, že výhody použití takové technologie převažují, jsou tyto technologie využívány hlavně u veřejných budov, nebo v místech velké kumulace občanů, kdy instalací bezvodého pisoáru nebo WC, lze velmi snížit

provozní náklady na údržbu. V případě, že je instalace bezvodých pisoárů zamýšlena, je s tímto záměrem potřeba počítat už při projektování a následné výstavbě. Jelikož má moč tendenci ulpívat v odpadním potrubí, je nutné, aby odpadní potrubí, mělo pokud možno co největší spád, aby nedocházelo k ulpívání většího množství usazením. V bezvodém pisoáru jsou čisticí kapsle. Ty se musí občas měnit. Frekvence nutnosti výměny čisticích kapslí je dána konkrétním výrobcem. Obecně vydrží okolo 1500 – 2000 použití. Cena takové čisticí kapsle je cca 1000 Kč.



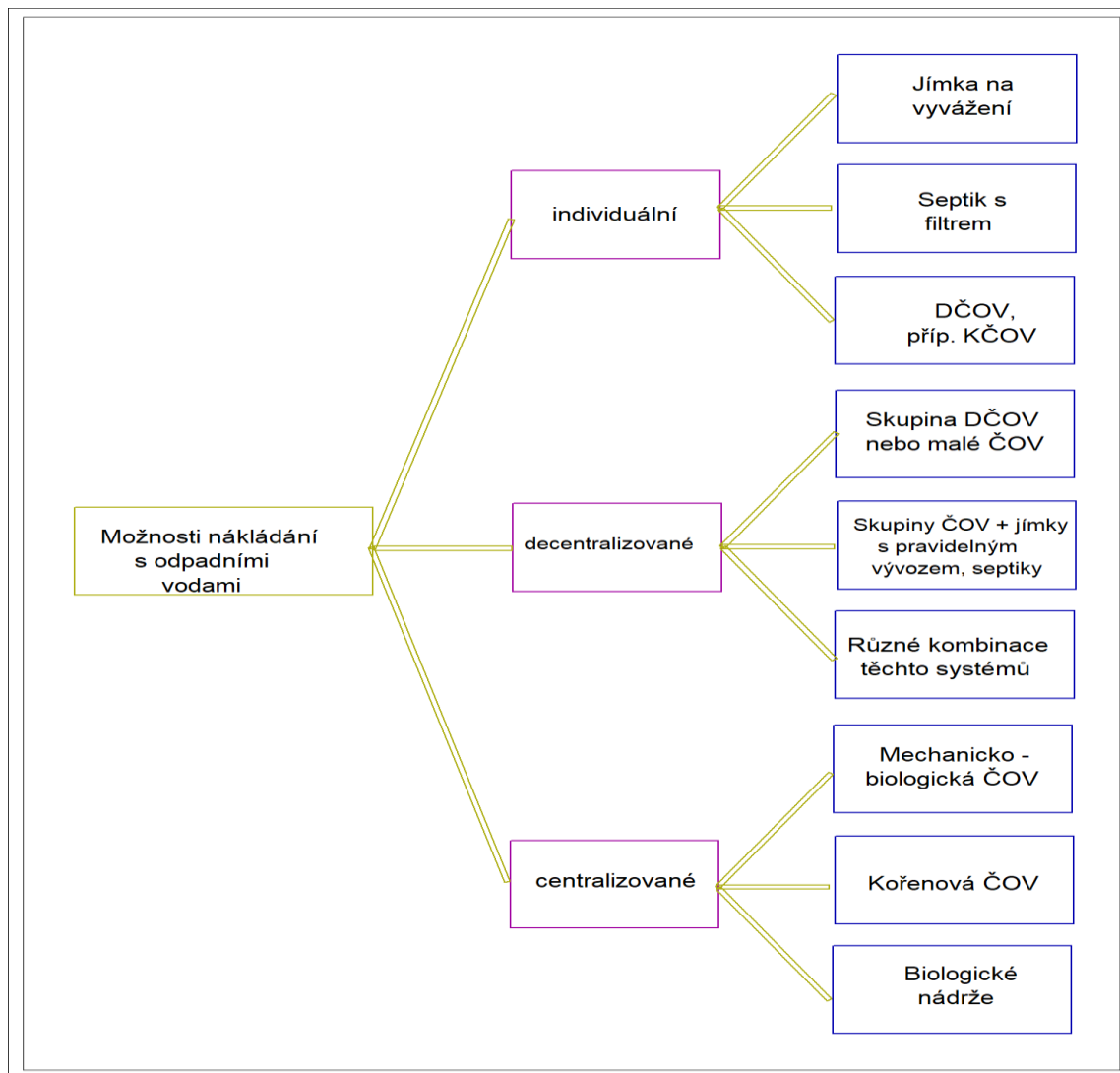
Obr. 12: Schéma funkce bezvodého pisoáru (<https://slideplayer.cz/slide/11191818/> upravil Brokeš)

Dále z rešerše problematiky recyklace žlutých vod, vzešlo, že v současné době není u nás legislativně řešeno nakládání s oddělenými odpadními vodami. Pokud se zaměříme na zákon č. 254/2001 Sb. § 38 odst. 1, o vodách, byla by směs moči a vody brána jako odpadní voda. V případě, že by Státní zdravotní ústav vydal rozhodnutí, které bude mít pozitivní posouzení, žluté vody jako hnojiva, musela by být následně žlutá voda registrována v souladu se zákonem č. 156/1998 Sb., o hnojivech.

Finanční náročnost použití takové technologie a její návratnost je diskutována v dalších kapitolách.

3.5 Domácí čistírny odpadních vod

Obecně lze popsat nakládání s odpadními vodami dle zjednodušeného schématu, který je uveden níže na obrázku č. 13, na kterém je uvedeno schéma možností, jak nakládat s odpadními vodami. Problém s odpadními vodami lze řešit individuálně, decentralizovaně nebo centralizovaně (Jágllová a kol. 2009).



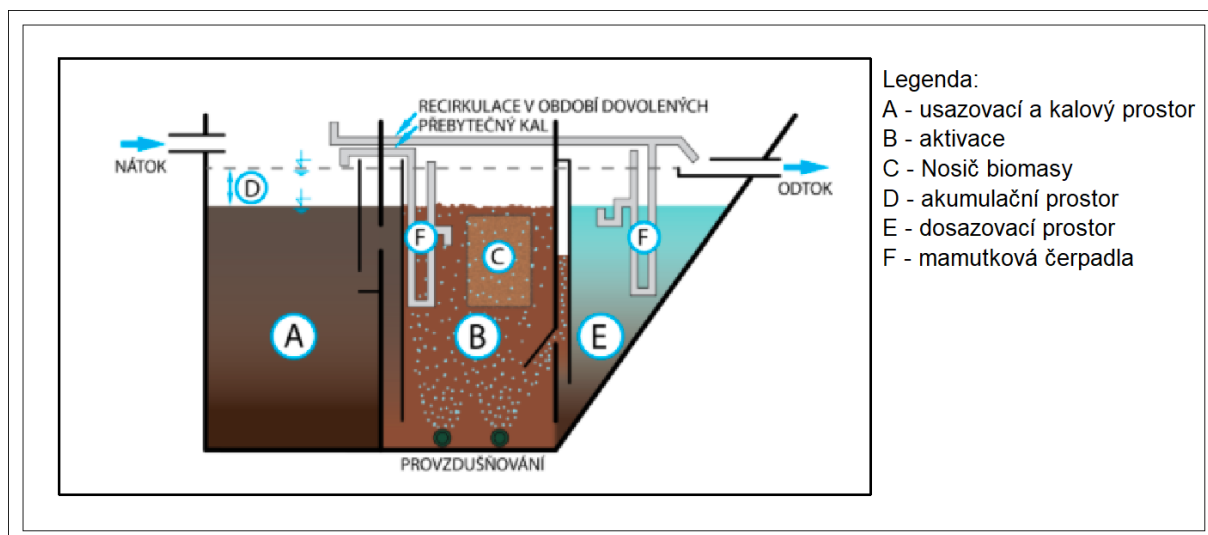
Obr. 13: Možnosti nakládání s odpadními vodami v malých obcích (Jágllová a kol. 2009, upraveno autorem)

V případě této diplomové práce se dále bude pracovat s individuálním řešením. V modelovém příkladu, který je předmětem této diplomové práce, jsou splaškové vody řešeny čistírnou odpadních vod (dále jen ČOV) v tomto případě domácí čistírnou odpadních vod (dále jen DČOV).

Domácí čistírny odpadních vod jsou považovány za jeden z nejdokonalejších řešení, jak nakládat s odpadními vodami. Obliba tohoto řešení je na vzestupu. Je to i díky dotační politice a stále se rozšiřující nabídce podpory a to i pro fyzické osoby. Z rešerše výrobců technologií pro domácí čistírny odpadních vod vzešlo, že na trhu nejen v České republice se nachází velké množství výrobců těchto zařízení. Paleta výrobců je velmi pestrá. Tato zařízení se liší hlavně technologií a užitnou hodnotou. Základní rozdělení je domácích čistíren odpadních vod (dále jen DČOV) do dvou skupin. Jsou to čistírny s aktivací, kdy jsou bakterie ve vznosu a dále čistírny s tzv. biodisky nebo biofiltry, kde jsou bakterie uchycené na nošiči. Některé technologie jsou kombinací obou výše zmíněných technologií.

Nejvíce jsou na našem trhu zastoupeny tzv. aerobní ČOV, kdy čistící proces probíhá za přístupu kyslíku. Dále na českém trhu jsou zastoupeny i výrobci tzv. anaerobní ČOV, kdy čistící proces probíhá bez přístupu kyslíku. Technologie založené na anaerobních principech jsou používány v menší míře, než je tomu u aerobních ČOV. Anaerobní technologie jsou hlavně využívány u objektů, kde je občasný provoz (například u chat nebo rekreačních objektů) (Sojka 2013).

Čistící aerobní postupy a procesy jsou u většiny DČOV podobné klasickým velkým čistírnám odpadních vod používaných například v obcích. Domácí ČOV se obvykle skládají ze tří komor, jak je vidět na obrázku č. 14. V první komoře dochází k usazování a mechanickému předčištění. V tomto stupni jsou z odpadní vody odstraněny pevné nečistoty. Dalším stupněm, který následuje, je aktivační komora. V tomto druhém stupni mikroorganismy rozkládají organické znečištění za přítomnosti kyslíku. Vzduch je vháněn do prostoru aktivační nádrže mechanicky pomocí kompresoru. Posledním stupněm je dosazovací nádrž, kde dochází k separaci vzniklého kalu od vyčištěné vody. Tento kal je vrácen zpátky do aktivační nádrže (Rozkošný a kol. 2010).



Obr. 14: Schéma domácí čistírny odpadních vod (<https://zakra.cz/blog/jak-funguje-cisticka-odpadnich-vod/>, upraveno autorem)

3.6 Legislativa a normalizace

V této kapitole jsou vyjmenovány veškeré legislativní normativy, které se zabývají čištěním odpadních vod v České republice. Jedná se o zákony, normy, nařízení a vyhlášky, které jsou vydávány jak v rámci EU, tak i v rámci ČR.

Česká republika

Na území České republiky byly vydány následující právní předpisy:

Zákony:

Zákon č. 183/2006 Sb., zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

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

Zákon č. 274/2001 Sb., zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Zákon č. 17/1992 Sb., zákon o životním prostředí

Zákon č. 185/2001 Sb., zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů

Nařízení vlády:

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

Nařízení vlády č. 57/2016 Sb. stanovující ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných do vod podzemních a náležitosti a nutnosti povolení k vypouštění těchto vod do vod podzemních.

Vyhlášky:

Vyhláška č. 183/2018 Sb. stanovující náležitosti rozhodnutí a dalších opatření vodoprávního úřadu a doklady předkládané tomuto úřadu.

Vyhláška č. 123/2012 Sb. stanovuje poplatky za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

Normy:

ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500

ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel

ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky

ČSN ISO 5667-10 (757051) Jakost vod - Odběr vzorků - Část 10: Pokyny pro odběr vzorků odpadních vod

ČSN ISO 5667-14 (757051) Jakost vod - Odběr vzorků - Část 14: Pokyny k zabezpečování jakosti odběru vzorků vod a manipulace s nimi

Evropská unie

Směrnice 91/271/EHS - Směrnice se zabývá odváděním, čištěním a vypouštěním městských odpadních vod a odpadních vod z určitých průmyslových oborů. Klade si tak za cíl ochranu životního prostředí před negativními účinky vypouštění těchto vod.

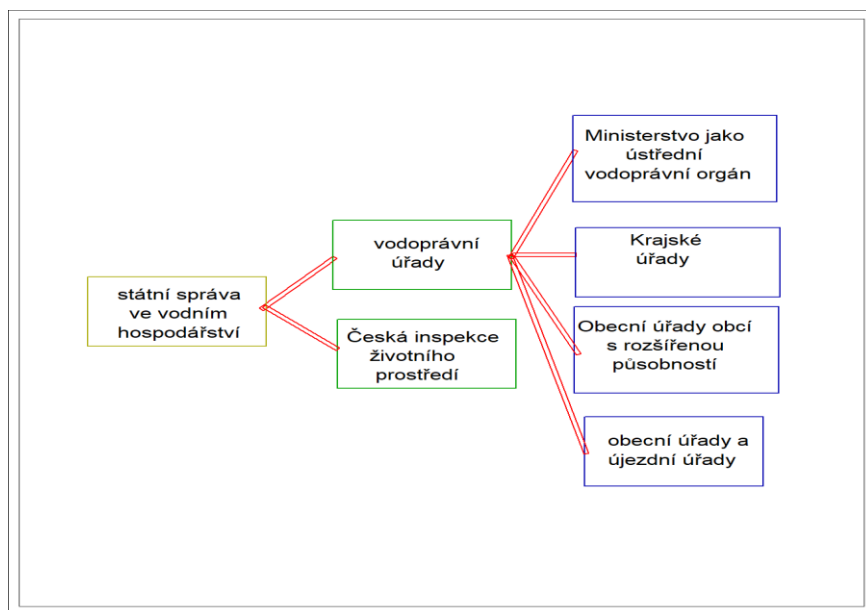
Směrnice 2008/105/ES - Tato směrnice stanovuje normy environmentální kvality (NEK) týkající se přítomnosti některých látek nebo jejich skupin, které představují značné riziko pro vodní prostředí nebo jeho prostřednictvím, v povrchových vodách. Takovéto látky jsou označeny za prioritně znečišťující látky.

Směrnice 2000/60/ES – Tato směrnice stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

Státní správa ve vodním hospodářství

Dle §104 vodního zákona, mají výkon státní správy v oblasti vodního hospodářství, vodoprávní úřady a Česká inspekce životního prostředí. Tyto úřady provádí různé činnosti v rámci svých kapitol. Významnými orgány jsou pro ochranu přirozené akumulace vod, ochranu vodních zdrojů a ochranu jakosti povrchových a podzemních vod Ministerstvo životního prostředí. Pro vodní hospodářství s výjimkou činností stanovených pod Ministerstvo životního prostředí je Ministerstvo zemědělství. V malé míře pro záležitosti užívání povrchových vod k plavbě je určeno Ministerstvo dopravy a ve věcech působnosti újezdních úřadů je zmocněno Ministerstvo obrany.

Dalším orgánem státní správy, který má na starosti dohled na respektování právních předpisů a rozhodnutí vydaných správními orgány je Česká inspekce životního prostředí. (Sobota 2012).



Obr. 15: Schéma státní správy ve vodním hospodářství (Brokeš, 2022)

4 - Modelový příklad

4.1 Informace o stavbě

V rámci této diplomové práce jsem pro konkrétní příklad využil reálné projekové dokumentace. Jedná se o klasickou stavbu rodinného domu - budovy, kde je navržena jedna samostatná obytná buňka kategorie 4+KK, která bude sloužit pro trvalé bydlení členů rodiny investora. Na pozemku je dále řešeno volné stání - zpevněná plocha pro parkování 2 automobilů.

Dle projektové dokumentace se předmětná lokalita se nachází v městě Rožmitál pod Třemšínem - část obce Hutě pod Třemšínem; cca 140 m západně od aut. zastávky Rožmitál p.Tř., Hutě p.Tř., Zadní. Řešená stavba ani pozemek se nenachází v památkové rezervaci ani v záplavovém území. V severní části pozemku, kde bude zahrada rodinného domu, probíhá stávající ochranné pásmo zastavitelného území CHKO Brdy. Stavba je osazením navržena jižně od tohoto pásma, které je plně stavbou respektováno. Stavba nevyžaduje ochranu území podle jiných právních předpisů. Vlastní stavba je bez dalšího omezení. Řešené pozemky se nenachází v záplavovém ani poddolovaném území. Stavba nebude mít negativní vliv na stávající odtokové poměry v území. Veškeré dešťové vody ze střechy stavby a zpevněných ploch pozemků budou likvidovány přirozeným vsakem do zemního podloží zelených ploch pozemku stavby.



Obr. 16: Huť pod Třemšínem, ortofoto mapa řešeného území (<https://mapy.cz/zakladni?x=13.7893686&y=49.5922405&z=13&base=ophoto&source=ward&id=3376&ds=1>, upraveno autorem)



Obr. 17: Katastrální mapa řešené lokality (Karel Sladký – projekční kancelář, upraveno autorem)

Pro účely této diplomové práce ovšem budou na stávajících parametrech stavby (velikost domu, počet EO, plochu střechy, velikost zpevněných ploch a velikost zahrady) diskutovány čtyři varianty z hlediska nákladovosti a návratnosti.

Geologické poměry dané lokality:

Morfologicky se jedná o mírně svažité území, sklon terénu je k severovýchodu směrem k místní bezejmenné vodoteči a činí 3 - 4 %. Z regionálně-geologického hlediska je zájmové území tvořeno horninami Českého masívu - soustava krystalinikum a prevariské paleozoikum středočeské oblasti (bohemikum). Tyto horniny jsou dále řazeny do regionu ostrovní zóna středočeského plutonu → jednotka rožmitálský ostrov a do regionu Barrandien / ostrovní zóna středočeského plutonu → jednotka paleozoikum Barrandienu / rožmitálský ostrov → subjednotka příbramsko-jinecká pánev. Přimo na lokalitě se pod mocným kvartérním pokryvem nacházejí černé / šedozelené břidlice (stáří svrchní ordovik, souvrství voltušské).

Hydrogeologické poměry lokality:

- hydrogeologický rajon: 6320 - krystalinikum v povodí Střední Vltavy
- útvar podzemních vod: 63202 - krystalinikum v povodí Střední Vltavy - horní povodí Skalice

Z hydrogeologického hlediska se jedná o území průměrně vhodné pro získání většího množství podzemní vody. Nositelem zvodnění zájmového území je průlinově propustný kvartérní kolektor, který je hydraulicky spojený s hlubším kolektorem vytvořeným v zóně přípovrchového rozvolnění a puklinového porušení podložních hornin. Vydatnosti jednotlivých zdrojů jsou převážně vhodné pouze pro individuální zásobování. Můžeme zde rozlišit dva typy hydrogeologických kolektorů - puklinový v podložních horninách a průlinový v kvartérních sedimentech (pozn. v pískovcích se také částečně uplatňuje i průlinová propustnost).

V rámci projektové přípravy byly na předmětné lokalitě realizovány 2 vrtané sondy. Pro dotvoření představy o geologické stavbě lokality byl dále využit popis profilu blízkého archivního vrtu. Vzhledem ke vzájemné blízkosti lokalit a podobnému geologickému prostředí lze k výsledku dokumentace geologického profilu přihlídnout i v řešeném případě.

Archivní geologické profily poskytují pro posouzení možnosti likvidace srážkových vod dostatek podkladů. Vzhledem k pravděpodobným nepříznivým hydrogeologickým a geologickým podmínkám pro funkčnost podzemního vsaku (mocná vrstva málo propustných až nepropustných zemin a mělce uložená hladina podzemní vody) z hydrogeologického posudku vyplývá doporučení, aby srážkové vody byly akumulovány jímkou, jezírkem, podzemním retenčním objektem a následně likvidovány například závlahou, splachováním WC apod.

Dle projektu činí půdorysný průmět střechy projektovaného rodinného domu cca 175 m². Dle klasifikace ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod se tedy jedná o nenáročnou stavbu. Přírodní poměry je možné klasifikovat jako složité - geologická stavba je pestrá, hladina podzemní vody v hloubce větší než 2 metry pod terénem.

Propočtem pro návrhový déšť pro dobu trvání srážky 24 hod (úhrn srážky činí 41,8 mm, což je dostačující pro běžné i nadstandardní srážky) tak vychází hodnota potřebného retenčního objemu 7,32 m³. Výpočet je uveden níže v tabulce výpočet retenčního objemu.

Na základě uvedených skutečností je doporučen min. objem celkového akumulačního prostoru 7 m³ (např. jímka, jezírko, podzemní retenční objekt atp.). V tomto konkrétním řešení je ovšem navržena akumulační samonosná nádrž o velikosti 12 m³. Je to hlavně z důvodu, co největší kumulace dešťových a případně upravených šedých vod. Jelikož v současné době je díky klimatické změně srážková aktivita nepravidelná je proto navržena akumulační nádrž velkého objemu, která zajistí dostatek vody pro závlahu v průběhu celého vegetačního období.

I přes navržení rozměrné akumulační nádrže musí investor průběžně sledovat předpověď počasí a dle toho regulovat (kontinuálně spotřebovávat) nashromážděný objem vody v

retenčním objektu tak, aby udržoval co největší využitelnou kapacitu pro období další srážkové činnosti. Vhodným řešením může být i instalace automatického či dálkově ovládaného zavlažovacího systému spojeného s měřením úrovně hladiny vody atp. Výpočet retence probíhá dle ČSN 75 9010 - likvidace srážkových vod.

4.2 Velikost akumulární nádrže – výpočet

Pro výpočet velikosti akumulární nádrže pro srážkové vody je používán následující postup. V prvním případě je nutné znát velikost (plochu) odvodňované plochy, která by měla vody odvádět do kanalizace. V našem modelovém případě je plocha 156 m², která odpovídá ploše střechy. Ostatní zpevněné plochy jsou vyspádovány do přilehlých zelených ploch a nebudou tedy zatěžovat systém pro odvádění srážkových ploch. Dále je nutné zjistit koeficient odtoku střechy, který je odvislý od sklonu střechy, kdy jsou rozdělovány na střechy šikmé a ploché a dále je odvislý od druhu střešní krytiny. Konkrétní koeficienty jsou uvedeny v obrázku č. 18.

Vlastnosti různých typů střech jsou uvedeny v následující tabulce:

tvár střechy	střešní krytina	koeficient odtoku střechy	vlastnosti z hlediska znečištění
plochá	asfalt s násypem křemíku	0,6	velmi vhodná
	plast	0,7	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,7	vhodná
	ozelenění	0,2	méně vhodná
šikmá	pálené tašky	0,75	velmi vhodná
	betonové tašky	0,75	velmi vhodná
	břidlice	0,75	velmi vhodná
	šindel	0,6	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,8	vhodná
	plast	0,8	velmi vhodná
	ozelenění	0,25	méně vhodná
	osinkocement	-	nevhodná

Obr. 18: Koeficient odtoku ze střechy (https://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000105_help.html, upraveno autorem)

Jako další hodnotou, která je pro daný výpočet nutná, jsou normály ročních srážkových úhrnů. Tyto údaje vyplývají z hydrologického průzkumu a dat z hydrometeorologického ústavu. Dalším krokem je výpočet plochy využitelného prostoru, v tomto modelovém případě se jedná o střechu rodinného domu. Ostatní plochy do této akumulární nádrže nebudou svedeny, jelikož se jedná o terasu a plochu cest a chodníků, kde bude docházet k zasakování do okolního terénu. Obě plochy jsou vyspádovány do okolních nezpevněných ploch, na kterých jsou travnaté plochy.

Využitelná plocha střechy

$$P = a \cdot b$$

P - využitelná plocha střechy (m²)

a - délka půdorysu včetně přesahů (m)

b - šířka půdorysu včetně přesahů (m)

V našem případě se P rovná 156 m².

Dále je nutné vypočítat množství zachycené srážkové vody Q. To závisí na množství srážek v dané oblasti, velikosti plochy střechy, koeficientu odtoku střechy a na koeficientu účinnosti filtru mechanických nečistot.

$$Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000}$$

Q - množství zachycené srážkové vody (m³/rok)

j - množství srážek (mm/rok)

P - využitelná plocha střechy (m²)

f_s - koeficient odtoku střechy (-)

f_f - koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot (-)

Množství srážek je na úrovni 629 mm, koeficient odtoku střechy je 0,9 a koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot je 1. Z toho plyne výsledek množství zachycené srážkové vody Q.

$$Q=88,31 \text{ m}^3$$

Objem nádrže V_v závisí na počtu obyvatel v domácnosti, spotřebě vody na jednoho obyvatele a koeficientu využití srážkové vody. Výpočet zohledňuje potřebnou zásobu vody na období přestávky mezi dešti formou koeficientu z.

$$V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000}$$

V_v - objem nádrže dle spotřeby vody (m³)

n - počet obyvatel v domácnosti (-)

S_d - celková spotřeba veškeré vody na jednoho obyvatele a den (l)

R - koeficient využití srážkové vody

z - koeficient optimální velikosti

Objem nádrže dle spotřeby vody je 4 m³, celková voda spotřeby vody je stanovena na 140 l na jednoho obyvatele, počet obyvatel je 4, koeficient využití srážkové vody je 0,5 (tj. využití srážkové vody na náhradu 50 % celkové spotřeby) a koeficient optimální velikosti je určen na hodnotu 20.

$$V_v = 5,6 \text{ m}^3$$

Objem nádrže V_P závisí na množství zachycené srážkové vody. Výpočet zohledňuje potřebnou zásobu vody na období přestávky mezi dešti formou koeficientu z.

$$V_P = z \cdot \frac{Q}{365}$$

V_P - objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody (m³)

Q - množství odvedené srážkové vody (m³/rok)

z - koeficient optimální velikosti (-) – obvykle 20

$$V_P = 4,83 \text{ m}^3$$

Pro návrh velikosti akumulární nádrže jako minimálně potřebný objem V_N vyberte menší z vypočtených objemů:

$$V_N = \min(V_v; V_P)$$

V_N - potřebný objem nádrže (m³)

V_v - objem nádrže dle spotřeby (m³)

V_P - objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody (m³)

$$V_n = \min(5,60; 4,83) \text{ m}^3$$

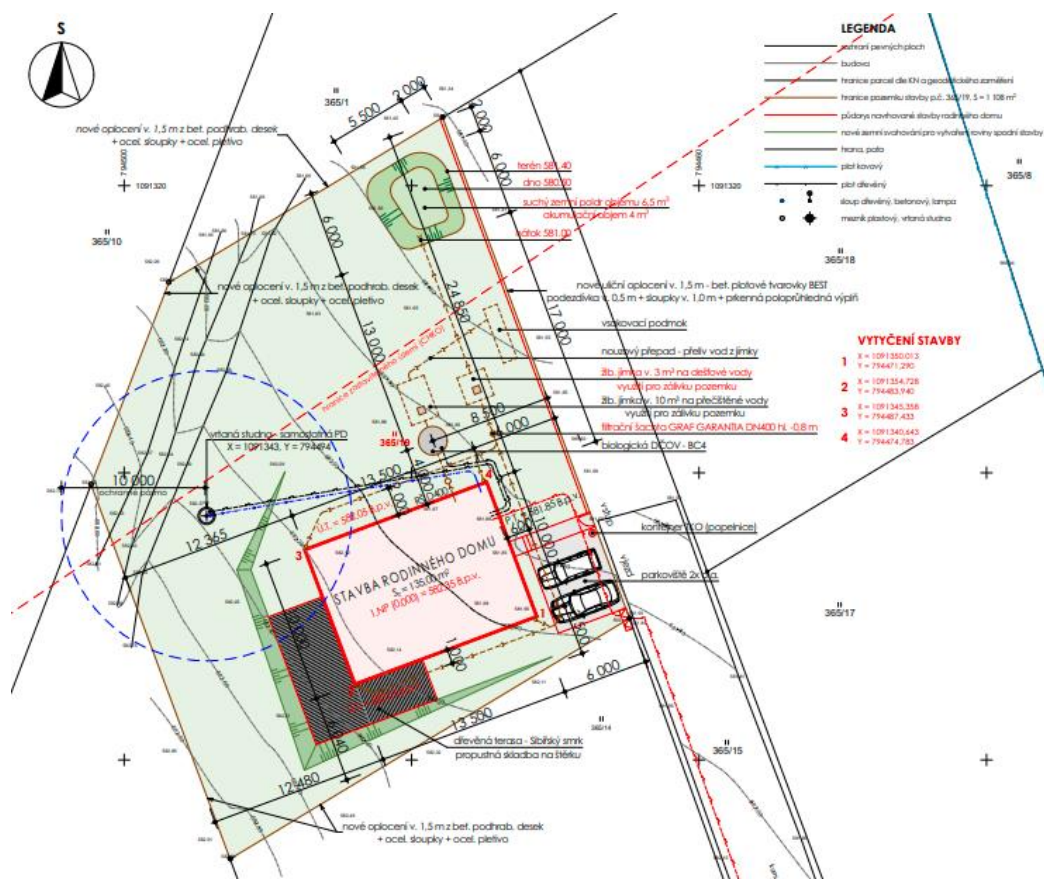
V tomto poměru je nutné posoudit, zda je v souladu plánovaná spotřeba a množství využitelné srážkové vody. Soulad je v případě, že se hodnoty V_v a V_p neliší o více než 20 %. Dále se musí zaokrouhlit výpočet V_v , V_p a V_N na dvě desetinná místa a porovnejte jejich vzájemný vztah dle následující tabulky. Absolutní hodnotu rozdílu objemů nádrží vypočtených oběma metodami, podělíme hodnotou V_N .

Pro porovnání výsledků slouží následující tabulka.

výsledek porovnání objemů	závěr	možné opatření
$V_v = V_p$ $\frac{\text{abs}(V_v - V_p)}{V_N} \leq 0.2$	optimální situace	
$V_v < V_p$ $\frac{\text{abs}(V_v - V_p)}{V_N} > 0.2$	spotřeba srážkové vody je menší, než možnosti střechy	posoudit, zda není možné do systému zapojit pouze část střechy
$V_v > V_p$ $\frac{\text{abs}(V_v - V_p)}{V_N} > 0.2$	spotřeba srážkové vody je větší, než možnosti střechy	zvětšit plochu střechy (pokud je to možné) nebo počítat s častějším dopouštěním vody do systému (jiné než srážkové)

Obr. 19: Koeficient odtoku ze střechy (https://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000105_help.html, upraveno autorem)

Dle spočítaných výsledků, vzešlo porovnáním výsledků, že spotřeba srážkové vody je větší, než jsou možnosti střechy. Z tohoto důvodu je navržena akumulční nádrž větších rozměrů, hodnota vzniklá výpočtem projektanta, je to právě z důvodu vykrytí suchého období větší akumulční nádrží, která bude množství dní bez srážkové činnosti, vyrovnávat a bude tak podstatně eliminován možný stres vegetačních prvků z nedostatku zálivky.



Obr. 20: Situace modelového příkladu (Karel Sladký – projekční kancelář, upraveno autorem)

Údaje o odtokových poměrech

V souvislosti se stavbou se stávající odtokové poměry území nemění. Dešťové vody ze střechy stavby budou svedeny do nádrže a následně použity pro závlahu zahrady rodinného domu, ostatní plochy budou vypádovány přímo na okolní plochy zeleně, kde budou vody likvidovány přirozeným vsakem do zemního podloží.

Navrhované kapacity

- stavba bude sloužit pro trvalé bydlení 4 osob
- zastavěná plocha stavby RD SZ = 135,00 m²
- užitná plocha stavby RD SU = 107,83 m²
- obytná plocha RD SO = 70,50 m²
- v objektu je řešena 1 bytová jednotka typu 4 + KK s příslušenstvím
- zpevněné plochy S = 37,00 m² (dlážděný chodník,

komunikace, parkoviště)

- zpevněné plochy $S = 53,00 \text{ m}^2$ (dřevěná terasa)
- plocha zeleně $S = 883,00 \text{ m}^2$
- celková výměra pozemku stavby $S = 1\,108 \text{ m}^2$
- koeficient zastavěné plochy $KZP = 12,18 \%$

Vodohospodářské řešení rodinného domu

Dešťové vody ze střechy stavby budou okapovými žlaby a svody svedeny do nádrže na dešťovou vodu a primárně budou používány na závlahy zahrady rodinného domu. Přebytečná voda v zimním období a nebo v případě nadměrných srážek dlouhodobého charakteru bude odváděna mimo nádrž do suchého poldru. Okolní zelené plochy pozemku budou likvidovány přirozeným vsakem do zemního podloží pozemku. Dešťové vody ze zpevněných ploch pozemku budou vyspádování povrchů odvodněny na bezprostředně přilehlé okolní zelené plochy, kde budou rovněž likvidovány přirozeným vsakem do zemního podloží pozemku.

LIKVIDACE SRÁŽKOVÝCH VOD ZE STAVBY

Odvodňované plochy

- střecha stavba rodinného domu $S = 156,20 \text{ m}^2$ (odvodnění svodem do nádrže)
(betonová stření taška)
- komunikace, chodník, parkoviště $S = 37,00 \text{ m}^2$ (vyspádováním povrchu přímo na okolní zeleň)
(žulové kostky)
- terasa $S = 53,00 \text{ m}^2$ (propustností povrchu přímo do štěrkového podloží)
(Sibiřský modřín)

Jak vyplývá z hydrogeologického posudku, který byl vypracován RNDr. Milošem Čeledou HG posudek v září v roce 2021, a který řeší likvidaci srážkových vod ze střechy projektované stavby. Na základě hydrogeologického výpočtu a z toho vyplývajícího závěru má pozemek nepříznivé hydrogeologické a geologické podmínky pro funkčnost podzemního vsaku

dešťových vod, a proto je navržena likvidace srážkových vod projektovým opatřením s dostatečnou akumulací dešťových vod s nutným min. užitným objemem 12 m³.

Akumulace vod je po konzultaci s hydrogeologem a investorem stavby navržena částečně jímáním vod v nádrži (využití pro zálivku pozemku) s likvidací nutného přebytku v suchém zemním poldru v zahradní části pozemku stavby.

Děšťová kanalizace pozemku

Okapový systém sedlové střechy stavby je navržen z lakovaných pozinkovaných plechů systému DEKRAIN ROBUST, černé barvy RAL 9005. Oboustranné ležaté podokapní žlaby budou D150 rozvinuté šíře 330 mm, svislé okapové svody na každém rohu stavby budou D100, budou vedeny svisle na kotvách po fasádách stavby až k okolnímu terénu kolem stavby, kde budou napojeny, přes lapače střešních splavenin (Gajgr D110/125), do dešťové kanalizace pozemku.

Dešťová kanalizace pozemku bude provedena z potrubí pro uložení v zemi PVC KG DN 125, bude osazena ve spádu 1% směrem od dešťových okapových svodů stavby a napojena bude do žlb. dešťové jímky užitného objemu 12 m³ v zahradní části pozemku stavby. Před jímkou bude na přívodní sběrné trase dešťové kanalizace osazena PVC filtrační šachta Graf Garantia DN400 hl. -0,8 m, která bude zajišťovat potřebnou filtraci dešťových vod od jemných splavenin a nánosů, která zajistí zamezení vtoku splavenin a možného vzniku sedimentů v jímce.

Protilehle oproti nátoku kanalizace do jímky, bude osazen bezpečnostní přeliv vod / přepad, který bude dále trasou dešťové kanalizace pozemku napojen nejdříve do akumulační nádže a přebytečná voda bude vyústěna do suchého zemního poldru užitného objemu 4 m³ v zahradní části pozemku stavby. Tato část kanalizace pozemku bude rovněž provedena z potrubí pro uložení v zemi PVC KG DN 125, bude osazena ve spádu 1% směrem od jímky do výustku v boční stěně suchého poldru.

Potrubí dešťové kanalizace bude v celé trase uloženo v zemní rýze min. hl. krytí 0,6 m, na pískovém loži tl. 0,10 m a zasypáno pískovým zásypem do výšky min. 0,30 m nad horní hranu potrubí. Zbylá část výkopu bude zasypána tříděnou výkopovou zeminou s řádným zhutněním.

Suchý poldr

Poldr v zahradní části pozemku stavby bude proveden zemním svahovaným výkopem do tvaru ca. jezírka vel. 5,5 x 6,0 m, celkového objemu 6,5 m³ a nutné hloubky min. -0,9 m až -1,0 m pod P.T. (terén 581.40 B.v.p., dno 580.50 B.v.p.), čistý užitečný akumulací objem bude zajištěn min. 4 m³. Povrchově bude poldr celý tvořen travním ozeleněním, alt. po obvodu zpevněn volně loženým kamenivem. V poldru budou přebytečné dešťové vody, které nebyly využity pro závlahu, likvidovány přirozeným odparem vodní hladiny.

ČOV

Jak již bylo zmíněno výše, z rodinného domu budou splaškové vody odváděny do domovní čistírny odpadních vod, která bude osazena před rodinným domem. Vyčištěné vody budou odváděny do nádrže, která bude sloužit jako akumulací pro přečištěné vody a bude sloužit pro zálivku vegetačních prvků na zahradě rodinného domu, přebytek bude zaveden do potrubí, které bude vyústěné v suchém poldru.

Pro čištění odpadních vod z RD je navržena čistírna odpadních vod ČOV ENVI-PUR Bio Cleaner BC 4. ČOV tvoří plastový kontejner – biologický reaktor s vnitřní technologickou vestavbou. Čistící efekt je založen na využití technologie nízko zátěžové aktivace s aerobní stabilitou kalu. ČOV je zakryta odnímatelným uzamykacím PP poklopem. V ČOV je použitý dlouhodobě osvědčený systém kontinuálního biologického čištění odpadních vod s integrovanou akumulací nárazově protékajících vod. Čistírna splňuje podmínky ČSN EN 12566-3:2006 + A1 2009.

Základní parametry ČOV – hydrotechnický výpočet.

Denní průtok vody	0,6 m ³
Příkon	76 W
Počet připojených obyvatel	4 EO
Užitný objem	1,77 m ³
Přínos BSK ₅	240 g/den

Údaje o odpadních vodách:

Skutečný přítok na ČOV	400 l/den
BSK ₅	240 l/den
NL	220 l/den
CHSK	480 g/den
N- NH ₄	40 g/den

Hydrotechnický výpočet:

$$Q_{dp.} = 4 \times 100 = 400 \text{ l/den}$$

$$Q_{d \text{ max.}} = 400 \times 1,5 = 600 \text{ l/den} = 0,01 \text{ l/sec}$$

Q prům.	0,004 l/sec	0,40 m ³ /den	12,00m ³ /měsíc	144 m ³ /rok
Q max.	0,01 l/sec	0,60 m ³ /den	18,25m ³ /měsíc	219 m ³ /rok

Tab. 3: hydrotechnický výpočet průměrné spotřeby (Karel Sladký – projekční kancelář, upraveno autorem)

Odtékající znečištění z ČOV

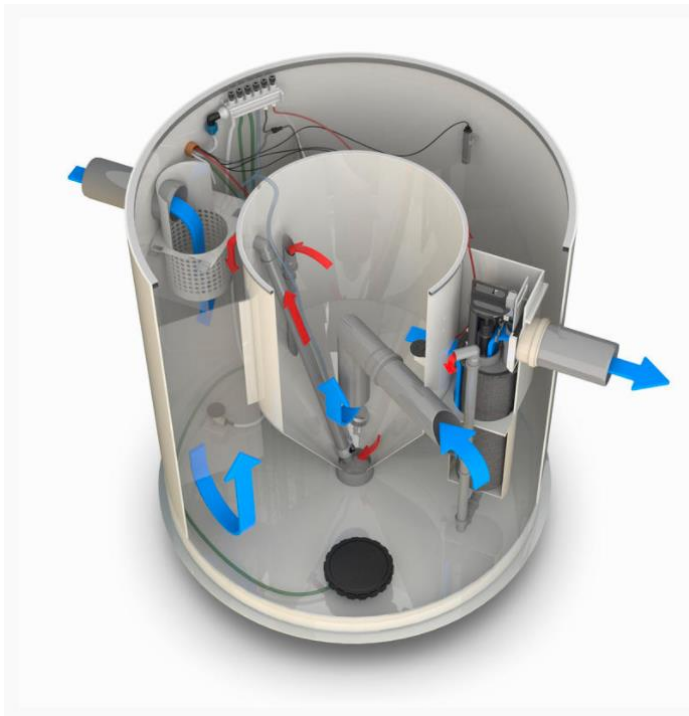
	max. mg/l		kg/den	Kg/měsíc	kg/rok
BSK ₅	11,4		0,0045	0,14	1,64
NL	20,35		0,0081	0,24	2,96
CHSK	78		0,0312	0,94	11,39
N-NH ₄	3,6		0,0014	0,04	0,51

Tab. 4: Odtokové poměry znečištění z ČOV (Karel Sladký – projekční kancelář, upraveno autorem)

Navrhované limity vypouštění odpadních vod:

	max. mg/l		kg/den	Kg/měsíc	kg/rok
BSK ₅	40		0,016	0,48	5,76
NL	30		0,012	0,36	4,32
CHSK	150		0,600	1,80	21,60
N-NH ₄	20		0,080	0,24	2,88

Tab. 5: Navrhované limity vypouštění odpadních vod (Karel Sladký – projekční kancelář, upraveno autorem)



Obr. 21: ČOV ENVI-PUR Bio Cleaner BC 4 (<https://www.envi-pur.cz/cisticky-odpadnich-vod-cov-domovni/>, upraveno autorem)

4. 3 Výpočet předpokládaného množství vody nutné k závlivce zahrady rodinného domu

Konkrétní potřebné množství je odvislé od velikosti ploch vegetačních prvků. V tomto konkrétním modelovém případě, je velikost zelených ploch, které je nutné zavlažovat, celkem 875 m². Travnatá plocha je ve velikosti 575 m² a plocha záhonů je 300 m².

575 m² – trávník

300 m² – záhony

Jelikož se jedná o mladou rodinu s dětmi (3 roky a 5 let) byl jako trávník navržen parkový trávník s intenzivní údržbou. Investor zvolil tento typ trávníku s ohledem na louky v okolí budovaného rodinného domu, které jsou extenzivně obhospodařovány (tzn. jsou sečeny dvakrát ročně) a dále s ohledem na malé děti, které budou zahradu a travnatou plochu využívat v letních měsících intenzivně. Jakmile děti odrostou a zahrada nebude tolik využívána ke hrám, bude upravena péče o travnatou plochu a údržba nebude již tak intenzivní a investor plánuje

některé části sekat mozaikovitě a ne tak často, jako je tomu v případě intenzivních parkových trávníků, kterým se někdy také říká anglický trávník.

S přihlédnutím k těmto okolnostem a k faktu, že druhy trav používaných pro tyto typy trávníků obsahují mnohdy 80 až 90 % vody, mají mělký kořenový systém a jsou velmi vláhově náročné, se denní spotřeba vody bude pohybovat v průměru mezi 2 až 3 litry vody na metr čtvereční. V letních měsících se denní potřeba vody bude pohybovat na hodnotě 4 a více litrů vody na metr čtvereční. Každé zvýšení teploty o 5 °C nad průměrnou denní teplotu 15 °C znamená u travnaté plochy o 1 – 2 litry na metr čtvereční větší spotřebu vody.

Konkrétní denní potřeba vody je detailně rozpracována v České normě ČSN DIN 18035-2 (83 9032) 1.6.1997 - Norma ČSN - Sportovní hřiště - Část 2: Závlaha trávníkových a mlatových ploch.

Nejvyšší denní teplota (°C)	Potřeba vody za den (l.m-2)	Interval závlah (dny)
> 30	> 5	4
25 – 30	3 – 4	5 – 7
20 – 25	2 – 3	7 – 10
< 20	< 2	> 10

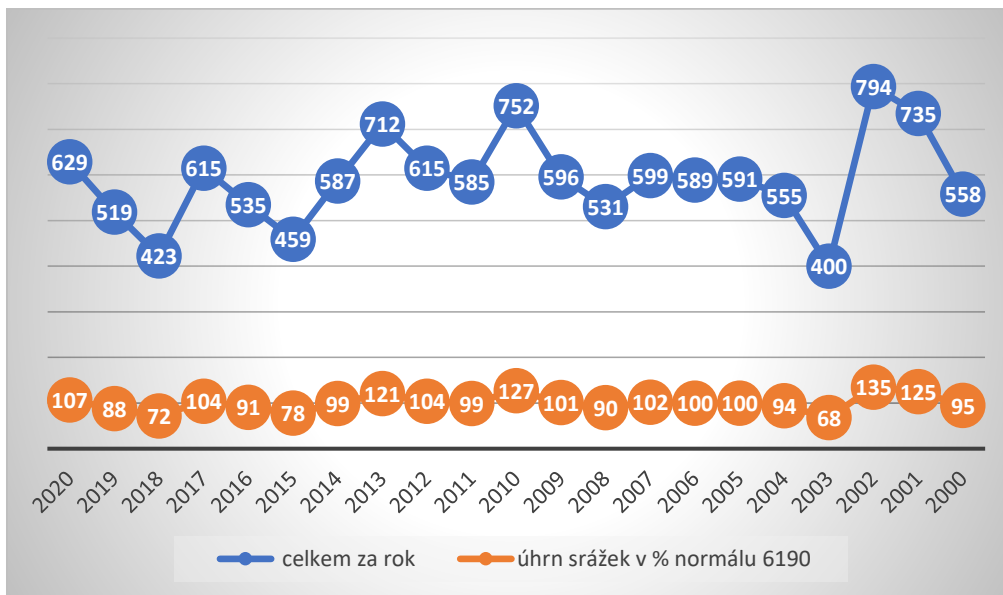
Obr. 22: Potřeba vody pro závlaku v závislosti na teplotě (https://zavlahy.irimon.cz/clanek_kolik_vody_na_zavlahu, upraveno autorem)

Následující tabulka ukazuje, jak se mění potřeba vody pro závlaku v závislosti na teplotě.

teplota vzduchu	objem vody pro závlaku (l) za den
do 20 °C	1150
20 - 25 °C	1725
25 - 30 °C	2300
nad 30 °C	3450

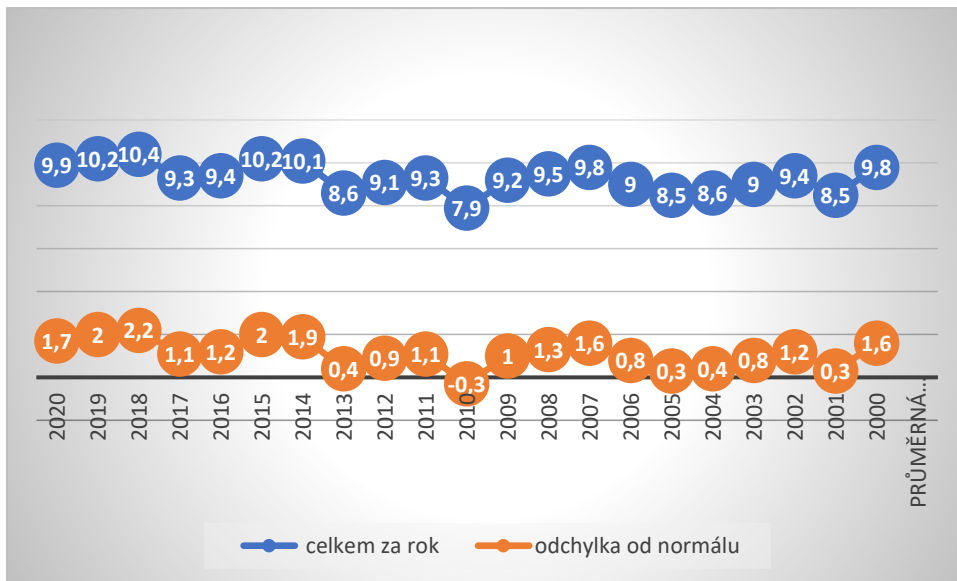
Tab. 6: Potřebné množství vody s ohledem na teplotu vzduchu (Brokeš, 2022)

Dalším kritériem ovlivňujícím výpočet množství potřebné vody pro závlivku zahrady rodinného domu je průměrné množství srážek. Na níže uvedeném grafu průměrných ročních srážek a tabulce je ukázáno jaké jsou celkové roční průměrné srážky a jak se množství srážek mění v průběhu roku.



Graf 2: Průměrné množství srážek za sledované období (Brokeš, 2022)

Dalším kritériem nutným pro zjištění potřebného množství vody pro závlivku je průměrná roční teplota. Níže uvedený graf a tabulka ukazuje průměrné denní teploty za jednotlivé měsíce. Data jsou analyzována za dobu posledních dvaceti let.



Graf 3: Průměrné teploty za sledované období (Brokeš, 2022)

Graf průměrné teploty za sledované období

Z těchto údajů vyplývá předpokládané množství srážkové vody, která vznikne v průběhu roku likvidacím dešťové vody:

měsíc	průměrné množství srážek za jednotlivé měsíce	průměrné množství vzniklé dešťové vody (175 m ²)
leden	38,04	6,66
únor	27,82	4,87
březen	38,01	6,65
duben	32,42	5,67
květen	68,24	11,94
červen	72,93	12,76
červenec	84,16	14,73
srpen	77,70	13,60
září	46,60	8,16
říjen	42,08	7,36
listopad	37,55	6,57
prosinec	34,36	6,01
celkové předpokládané množství dešťové vody (m³)		104,99

Tab. 6: Výpočet celkového předpokládaného množství srážkové vody (Brokeš, 2022)

Celkové předpokládané množství dešťové vody, se kterou lze počítat pro zálivku je množství lehce překračující hranici 100 m³. Tato hodnota vznikla na základě analýzy průměrného množství srážek za jednotlivé měsíce v průběhu posledních dvaceti let.

Pro úplnost byly zpracovány ještě data množství dešťové vody v případě srážkově nadprůměrného roku, kterým byl za posledních analyzovaných dvacet let, rok 2002. V letech, které jsou srážkově nadprůměrné lze předpokládat celkové množství na úrovni 113,23 m³. Oproti tomu byl ještě vybrán rok, který je srážkově podprůměrný a celkové množství srážek bylo na úrovni 70 m³.

Pro výpočet konkrétního množství vody potřebného na zálivku zahrady rodinného domu, vycházíme z průměrné teploty vzduchu za jednotlivé měsíce. Pro tento výpočet se vychází z předpokladu, že v průběhu zimních měsíců (prosinec, leden, únor) nebude potřeba voda pro zálivku zahrady v jedné z variant bude více vody v těchto měsících využíváno pro splachování toalet.

Konkrétní výpočet potřebné množství vody pro zahradu s ohledem na průměrné teploty vzduchu:

Plocha travnaté plochy je 575 m² a plocha keřových záhonů je 300 m².

Budeme-li vycházet z obrázku, který je uveden výše, obrázek č. 22 a ukazuje vztah teploty vzduchu a potřebného množství zálivky, vychází nám objem vody potřebný pro zálivku zahrady. I v tomto případě jsou počítány hodnoty pro průměrné územní teploty a dále byly přidány dva případy a těmi jsou teplotně nadprůměrný rok 2018 a předpokládaný objem nutné zálivky případě tohoto extrému a dále je přidán rok 2010, který byl naopak teplotně podprůměrný.

měsíc	potřebná voda na jednu zálivku za jeden kalendářní měsíc
leden	0
únor	0
březen	2625
duben	2625
květen	2625
červen	2625
červenec	2625
srpen	2625
září	2625
říjen	2625
listopad	2625
prosinec	0
celkem	23625

Tab. 6: Množství vody pro zálivku při průměrné teplotě (Brokeš, 2022)

měsíc	potřebná voda na jednu zálivku za jeden kalendářní měsíc teplotně nadprůměrný rok (2018)
leden	0
únor	0
březen	2625
duben	2625
květen	2625
červen	2625
červenec	8750
srpen	8750
září	2625
říjen	2625
listopad	2625
prosinec	0
celkem	35875

Tab. 7: Množství vody pro zálivku při nadprůměrných teplotách (Brokeš, 2022)

měsíc	potřebná voda na jednu zálivku za jeden kalendářní měsíc teplotně podprůměrný rok (2010)
leden	0
únor	0
březen	2625
duben	2625
květen	2625
červen	2625
červenec	8750
srpen	2625
září	2625
říjen	2625
listopad	2625
prosinec	0
celkem	29750

Tab. 8: Množství vody pro zálivku při podprůměrných teplotách (Brokeš, 2022)

teplota vzduchu	potřebné množství vody pro zálivku dle ČSN	Četnost zálivky za kalendářní měsíc s ohledem na teplotu vzduchu	celkové množství m ² , které je nutné zavlažovat za jeden kalendářní měsíc	potřebná voda v litrech, která je nutná pro zálivku na 1 m ²	potřebná voda na jednu zálivku za jeden kalendářní měsíc
do 20	1,5	2	1750	1,5	2625
20 - 25	2,5	4	3500	2,5	8750
25 - 30	3,5	5	4375	3,5	15312,5
30 a víc	5	8	7000	5	35000

Tab. 9: Sumarizační tabulka pro závislost potřebného množství vody pro zálivku (Brokeš, 2022)

Pro tuto diplomovou práci je pracováno s daty, které jsou veřejně dostupné na stránkách Českého hydrometeorologického ústavu. S dosavadních výsledků vyplývá, že potřebné množství vody nutné ke kvalitní závlivce vegetačních prvků na zahradě rodinného domu, je potřebné množství na úrovni minimálně 25 m³ vody. S ohledem na probíhající klimatickou změnu, je relevantnější brát v potaz hodnotu teplotně nadprůměrného roku, tzn. množství vody potřebné k závlivce vegetačních prvků je zhruba 35 – 40 m³ vody.

Jelikož je pracováno v dlouhodobém horizontu s průměrnými hodnotami, byla analýza ještě rozšířena o počet dnů, které byly teplotně nadprůměrné, tzn. teplota vzduchu byla nad 25 °C. Tyto hodnoty byly zjištěny analýzou dat naměřených hodnot teploty vzduchu na stanici, která je nejbliž zamýšlené lokalitě ke stavbě rodinného domu. Konkrétní stanicí je C1ROZM01 Rožmitál pod Třemšínem. Průměrně se jednalo o 20 – 25 dní v letním období, kdy byly naměřeny hodnoty vyšší než je tomu u průměrných hodnot. Na základě toho k celkovému množství potřebné vody pro závlivku zahrady je připočítáno ještě 15 m³. Toto množství odpovídá objemu, který bude nutný pro závlivku zahrady v teplotách o rozmezí 25 – 30 °C. Analýzou bylo rovněž zjištěno, že v posledních deseti letech bylo průměrně 5 – 7 dní teplota na úrovni 30 °C a výš.

Z toho důvodu bylo k celkovému množství ještě připočtena hodnota pro závlivku v případě teplot přesahujících 30 °C a to při délce 7 dní. Dle tabulky četnosti, je potřeba pro tento časový úsek ještě nutně připočítat 6,5 m³ nutných pro závlivku v tomto období.

Celkově je tedy potřebná voda na závlivku vegetačních prvků u rodinného domu 56,5 m³ vody na rok.

4.4 Postup a nutné kroky k realizaci navrhovaného opatření

Dále bude následovat výčet nutných a povinných kroků, které musí investor podstoupit, pokud se rozhodne pro realizaci stavby rodinného domu a použití navrhovaných technologií. V prvním kroku je nutné geodetické zaměření konkrétního pozemku, které je nutné pro zjištění polohopisu a výškopisu. Ty údaje jsou nutné pro další projekční práce, které budou následovat.

V druhém kroku je nutný hydrogeologický posudek. V zadání hydrogeologického posudku musí být jasně formulováno k jakému účelu má sloužit. Záleží, zda bude v rámci posudku řešena likvidace všech odpadních vod a ty budou dále vypouštěny do kanalizace, nebo

je s nimi dále pracováno a jsou dále využívány v rámci rodinného domu. Jak bude nakládáno s šedou vodou: kanalizace, vsaky, DČOV apod. Jak již bylo zmíněno výše, je tedy nutné specifikovat jasné zadání a konkrétní záměr pro hydrogeologický posudek.

Dalším krokem, který je z hlediska legislativy povinný, je radonový průzkum a z toho vycházející posudek. Pro stavební povolení je ještě nutné předprojektové vyjádření správců inženýrských sítí (voda, plyn, elektrina a další).

Výše vyjmenované činnosti a z toho vyplývající posudky a vyjádření jsou nutné pro další práci projektanta. Na základě výstupů je vytvořena případná studie nebo rovnou projektová dokumentace. Projektová dokumentace je poté předána na příslušný vodoprávní úřad a odbor životního prostředí. Tyto vydají závazné stanovisko. Vydané kladné stanovisko je povinnou přílohou pro proces stavebního povolení. Dále je potřeba obdržet hygienický posudek, který je zpracován hlavně z důvodu hluku. V případě, že je předmětná plocha vedena jako ZPF zemědělský půdní fond, musí investor stavby zažádat o vyjmutí ze ZPF a zaplatit s tím spojený poplatek. K výsledné projektové dokumentaci je ještě nutné vyjádření všech správců inženýrských sítí, které mohou být stavbou dotčeny.

Posledním krokem je pak žádost o stavební povolení na příslušném stavebním úřadě. Stavební úřad má lhůtu 2 měsíce na vydání stavebního povolení.

5. Dotační tituly a možnosti podpory

Tato kapitola je zaměřena na finanční aspekty, které jsou spojené s procesem realizace zařízení na úpravu šedých vod v rodinném domě. Dále budou popsány nutné náležitosti a povinnosti, které investor pro instalaci takové technologie musí podstoupit. Jak již bylo popsáno výše, řešení problematiky s šedou vodou v rodinném domě, je finančně náročnější oproti rodinným domům, kde se šedá voda nerecykluje, nebo se s ní jinak dále nepracuje. Je to dáno hlavně samostatným rozvodem splašků ze zařízení, které produkují šedou vodu do systému úpravy odpadní vody, jejího skladování a následném rozvodu, jak pro další použití v rodinném domě například pro splachování, či jako voda vhodná pro zálivku a použití jako užitková voda.

Pokud vycházíme z předpokladu, že jeden člověk produkuje okolo 50 litrů šedé každý den, kdy pro splachování využije asi 30 až 40 litrů pitné vody. V případě, že tato voda bude nahrazena neupravenou šedou vodou, ušetří ročně přes 1000 Kč na jednu osobu (při průměrné ceně vody 82 Kč za 1000 litrů). V případě, že budeme používat bílou vodu, musíme počítat s náklady na čistící jednotku za cca 95 000 Kč. V případě čtyřčlenné rodiny je návratnost takové investice u novostavby zhruba 15 let. V případě, že se jedná o pětičlennou rodinu, je pak návratnost na úrovni 12 let. Zde je nutné uvést, pro tento případ, bylo počítáno zařízení s kapacitou 300 litrů denně. Oproti tomu méně nákladné jsou procesy založené na dočišťování šedé vody v zemním filtru, nebo požitím malé kořenové čistírny.

V rámci evropských fondů byla recyklace šedých vod v programovém období 2014 – 2020 podporována v prioritní oblasti 1. Voda, v podoblasti 1.5 Udržitelné a efektivní hospodaření s vodou v obcích, kde byla podporované aktivity 1.5.B Akumulace a využití srážkových vod v segmentu obytných domů a 1.5.C Akumulace a využití vyčištěné odpadní vody v segmentu obytných domů. Cílem podpory těchto opatření bylo motivovat vlastníky a stavebníky obytných domů k udržitelnému a efektivnímu hospodaření s vodou a snížení odebírané pitné vody jak z povrchových tak i podzemních zdrojů. Oprávněnými žadateli byly vlastníci a stavebníci obytných domů. Poslední výzva v období 2014 – 2020 byla výzva č. 12/2017 s alokací 440 mil. Kč (MŽP, ©2017).

Všechny vyjmenované systémy, které jsou v rámci NPŽP podporované musí zajišťovat odvodnění plochy, které odpovídá 100 % průmětu střechy objektu. Minimální dostupný objem pro akumulaci srážkové vody je počítán dle následující vzorce

$$V_{min} = MIN \left(\frac{n_p \cdot 140 \cdot 0,5 \cdot 20 + A_G \cdot 10}{1000}; \frac{j \cdot A_R \cdot f_s \cdot f_f \cdot 20}{1000 \cdot 365} \right) [m^3]$$

V_{min} vypočtený minimální objem akumulační nádrže [m³]

n_p počet obyvatel obytného domu [-]

A_G plocha zavlažované zahrady [m²]

j množství dešťových srážek v místě [mm/rok]

A_R půdorysný průmět odvodňované plochy [m²]

f_s koeficient odtoku odvodňované plochy [-]

f_f koeficient účinnosti filtrace [-]

Tento výpočet je součástí online aplikace, která slouží žadatelům pro podání žádosti o dotaci. Program je financovaný z prostředků SFŽP ČR. Tyto prostředky pochází ze zákonných poplatků, pokut za poškozování životního prostředí a odvodů. V roce 2021 byl tento program rozšířen rovněž o aktivity, které jsou financované z dotací poskytnutých SFŽP ČR z Národního plánu obnova.

V současné době je vyhlášena podpora opatření na nakládání s srážkovými vodami a recyklací a využitím šedých vod. Konkrétně se jedná o Výzvu č. 1/2021 v rámci programu Nová zelená úsporám v rámci Národního plánu obnovy. Konkrétní podmínky jsou uvedeny v pokynech pro žadatele a příjemce podpory programu Nová zelená úsporám – Rodinné domy. Podpora takových opatření patří do oblasti podpory D – adaptační a mitigační opatření, kde jsou způsobilými žadateli vlastníci stávajících rodinných domů. Tato výzva právě probíhá. Byla otevřena 12. 10 2021 a bude uzavřena nejpozději 30. 6. 2025 nebo dříve pokud dojde k vyčerpání alokace. Maximální výše podpory je nastavena na úrovni 50 %. V rámci tohoto opatření musí dojít k odvodnění plochy odpovídající 100 % půdorysného průměru střechy rodinného domu. Akumulační nádrže musí být instalovány tak, aby byly zabezpečeny před mrazem a byla zajištěna vyhovující kvalita a další kritéria, která v případě vybraného modelového příkladu a variant, které jsou řešeny v rámci této diplomové práce, není problematické jejich splnění. Výzva, která je v této kapitole zmíněná, je vybrána jako možnost podpory navrhovaných opatření a konkrétních variant.

Podpora v tomto opatření byla rozdělena do třech směrů. Jedním bylo využívání systémů, které pracovali pouze s dešťovou vodou, která byla akumulována v podzemní nádrži a pak byla použita pro zálivku. Dotace na realizaci tohoto opatření byla 20 000 Kč + x * 3 500

Kč, kde x = vypočítaný objem akumulční nádrže v m³ maximálně však 50 % celkových způsobilých výdajů. Druhým směrem byla podpora komplexních systémů, které využívaly srážkové vody jako vody užitkové. V tomto opatření dochází k akumulaci srážkové vody v podzemní nádrži a její využití na splachování toalet a pro závlivku zahrady. U tohoto opatření tvořila dotace na realizaci $30\,000\text{ Kč} + x * 3\,500\text{ Kč}$, kde x = vypočítaný objem akumulční nádrže v m³ maximálně však 50 % celkových způsobilých výdajů. Dalším systémem jsou systémy pro využívání šedých bez společného využívání srážkových vod. Vyčištěná šedá voda je akumulována v podzemní nádrži a následně je používána pro potřeby v domě na splachování toalet a pro závlivku zahrady. Dotace na realizaci v tomto opatření činila $45\,000\text{ Kč} + x * 3\,500\text{ Kč}$, kde x = objem nádrže vyčištěné odpadní vody v m³ Dotace na projektovou přípravu: 10 000 Kč maximálně však 50 % celkových způsobilých výdajů. Posledním systémem je kombinace stávajících již vyjmenovaných opatření. Konkrétně se jedná o systémy pro využití vyčištěné šedé vody spolu s využitím srážkových vod. V těchto případech musí být instalované dvě akumulční nádrže, kdy jedna je na vyčištěnou odpadní vodu a druhá na vodu srážkovou. Vyčištěná šedá voda a srážková voda je následně využívána pro splachování toalet a závlivku zahrady. Dotace na realizaci byla konkrétně $60\,000\text{ Kč} + x * 3\,500\text{ Kč}$, kde x = součet objemů akumulční nádrže na vyčištěnou odpadní vodu a akumulční nádrže na srážkovou vodu v m³ Dotace na projektovou přípravu: 10 000 Kč maximálně však 50 % celkových způsobilých výdajů (SFŽP, ©2021).

6. Diskuze - Sumarizace a bilance

modelového případu

Rodinný dům, který je předmětem tohoto modelového případu je dimenzován pro 4 obyvatele, tzn. 4 EO. Z důvodů vypsanych výše (podloží a neexistence veřejné splaškové kanalizace) byla v navrhovaném objektu vybrána domácí čistírna odpadních vod s vyústěním do akumulární nádrže a bezpečnostního přepadu, který je vyveden do suchého poldru.

V rámci této diplomové práce je uvážováno se čtyřmi možnými variantami. Nyní se zaměřím na celkové shrnutí nákladovosti řešených technologií. Navazující část pak je zaměřena na konkrétní varianty z hlediska finanční náročnosti, možné dotační podpore a návratnosti investice jako takové.

Rekapitulace jednotlivých variant:

- 1) nakládání s dešťovou vodou a její použití pro zálivku vegetačních prvků
- 2) nakládání s dešťovou vodou a její použití pro zálivku a splachování toalet v rámci RD
- 3) přečištění šedé vody z koupelny RD a využití této vody pro zálivku a splachování toalet v rámci RD
- 4) využití žlutých vod vzniklých v RD

Jak již bylo řečeno výše celkové náklady na stavbu rodinného domu jsou dle projektové dokumentace stanoveny na 4 125 173 Kč. Konkrétní cena však vzejde z výběrového řízení, či spíše porovnáním jednotlivých nabídek oslovených stavebních společností investorem. Konkrétní částka nebyla k datu odevzdání diplomové práce k dispozici, proto pro další sumarizaci výsledků vycházím z údajů v projektové dokumentaci a cen technologií, které jsou

v čase a místě obvyklé. S ohledem na změny, které se staly na stavebním trhu v průběhu sezony 2021, kdy v některých případech muselo dojít k aktualizování cenových nabídek z důvodu skokovému zvýšení cen stavebních materiálů a pohonných hmot je zřejmé, že výsledná cena bude rozdílná oproti ceně, která vychází z katalogu cen stavebních prací, který vycházel z cenové hladiny roku 2020.

Jelikož se tato diplomová práce zabývá hydrotechnickou částí projektu, následuje výpis bilančních položek hydrotechnických prvků, s kterými je dále v jednotlivých variantách pracováno. Uváděné částky jsou bez DPH.

Celkové náklady stanovené projektantem na hrubou stavbu činní 4 125 173 Kč.

Domácí ČOV ENVI-PUR Bio Cleaner BC 4 je dimenzována pro průměrný průtok cca 0,75 m³/den (tj. 3-7 osob). Technologie je osazena ve válcové nádrži z PP o průměru 1200 mm a výšce 1500 mm s válcovým vstupním komínkem 950 x 500 mm s pochůzným poklopem. Cena této DČOV včetně stavebních prací je 85 000 Kč.

Cena rozvodů teplé a studené vody, včetně odvodu splaškové vody do čističky je 75 000 Kč

Jelikož tato diplomová práce rovněž pracuje s recyklací šedé vody pro splachování toalet, je v případě jejího přebytku, použití této vody k závlahám vegetačních prvků na zahradě.

Rozvody pro oddělení šedé vody a opětovné použití bílé vody v domě je naceněno projektantem ve výši 35 000 Kč

Vybranná technologie na recyklaci šedé vody včetně instalace a nutných stavebních prací je 95 000 Kč.

Konkrétně se jedná o kompaktní čistírnu šedé vody pro rodinné domy. Slouží k recyklaci vody ze sprchy, umyvadel a pračky.

Řídící jednotka pro přepínání zdrojů kumulované vody. Toto zařízení přepíná zdroje vody s ohledem na zásoby v akumulární nádrži. Náklady na pořízení řídicí jednotky včetně příslušenství a instalace je 54 000 Kč.

Realizace suchého poldru není oproti ostatním technologiím a opatřením reaktivně levné, u této stavby a parametrů, které jsou uvedeny výše, se jedná o náklad 75 000 Kč.

Akumulační nádrž pro dešťovou vodu o velikosti 12 m³, dle průzkumu trhu vychází na 52 000 Kč, dále je nutné k ceně připočítat náklady na drobné stavební práce nutné k instalaci, usazení a napojení, je předpokládána cena 25 000 Kč. Celkový náklad na instalaci akumulární nádrže, která bude využívána pro zálivku vegetačních prvků je 77 000 Kč.

V jedné z variant je počítáno s dvěma oddělenými akumulárními nádržemi, jedna je dešťovou vodu zachycenou ze střechy RD a druhá je určena pro vodu bílou, která vznikne recyklací šedých vod z koupelny RD.

Dále je ještě nutno uvést jednu z hlavních položek, kterou je cena vody v obci Rožmitál pod Třemšínem, a to je 90,3 Kč/m³. Jedná se o aktualizovanou položku k roku 2022.

Nákladovost jednotlivých variant:

První varianta pracuje s dešťovou vodou, která je ze střechy rodinného domu svedena do akumulární nádrže. Z akumulární nádrže bude voda používána pro zálivku vegetačních prvků na zahradě rodinného domu. Akumulační nádrž v případě období, které bude srážkově nadprůměrné a dojde k naplnění nádrže, bude přebývajícím srážkovou vodu přepouštět do suchého poldru.

6.1. Varianta č. 1 použití dešťové vody pro zálivku zahrady

Odvodňovaná plocha (střecha šikmá – betonová taška)	156 m ²
Akumulační nádrž (filtrační koš s jemným sítem v akumulační nádrži)	12 m ³
Investiční náklady	77 000 Kč
Vlastní náklady žadatele	38 500 Kč
Dotační podpora (maximální podpora je v programu Dešťovka nastavena na 50 % celkových způsobilých výdajů)	38 500 Kč
Realně využitelné množství srážkové Vody	55 m ³ /rok
Cena vodného a stočného	90,3 Kč
Roční úspora	4 965 Kč
Prostá návratnost bez dotace	15,5 let
Prostá návratnost s dotací (50 % CZV)	7,8 let

Dle výpočtu uvedeného u této první varianty vychází, že při investičních nákladech 77 000 Kč je bez dotační podpory návratnost investice 15,5 roku. V případě, že by u této varianty využil investor dotační podporu z Národního programu životní prostředí, konkrétně výzvy č. 1/2021, Nová zelená úsporám. Příjem žádostí o dotaci nyní probíhá a maximální výše podpory je 50 % celkových uznatelných výdajů. Při využití dotace je návratnost investice 7,8 roku. Jak bylo uvedeno výše v části, která se týká předpokládaného potřebného množství vody pro zálivku zahrady, je množství potřebné vody 56,5 m³. Porovnáním využitelného množství

srážkové vody, které vzešlo z dotační kalkulačky, je patrné, že srážková voda využitelná pro zálivku zahrady je na úrovni předpokládaného potřebného množství.

Druhá varianta používá dešťovou vodu pro zálivku zahrady a zároveň pro splachování toalety v rodinném domě. V této variantě je rovněž svedena dešťová voda do akumulací nádrže a v rámci rodinného domu jsou instalovány další rozvody vody z akumulací nádrže do toalet.

6.2. Varianta č. 2 použití dešťové vody pro zálivku zahrady a pro splachování WC

Odvodňovaná plocha (střecha šikmá – betonová taška)	156 m ²
Akumulační nádrž (filtrační koš s jemným sítem v akumulací nádrži)	12 m ³
Investiční náklady	164 000 Kč
Dotační podpora (maximální podpora je v programu Dešťovka nastavena na 50 % celkových způsobilých výdajů)	45 750 Kč
Vlastní náklady žadatele	118 250 Kč
Realně využitelné množství srážkové vody	55 m ³ /rok
Cena vodného a stočného	90,3 Kč
Roční úspora	4 257 Kč
Prostá návratnost bez dotace	26,3 let

Prostá návratnost s dotací (50 % CZV)

15,5 let

Tato varianta je investičně více náročná oproti první variantě. Je to hlavně použitím dalšího rozvodu vody pro splachování z akumulární nádrže na dešťovou vodu. Tento rozvod v rámci rodinného domu vychází na 35 000 Kč, další náklady jsou stejně jako je tomu v předšlém případě investice do akumulární nádrže. Instalace akumulární nádrže vychází na 77 000 Kč. Dále je potřeba ještě instalovat řídicí jednotku, která se stará o přepínání zdrojů vody. Toto zařízení vychází na 54 000 Kč včetně instalace. Návratnost této investice je zhruba 26 let. V případě využití dotační podpory je pak návratnost takové investice 15,5 roku. Maximální výše dotace je pro toto opatření ve výši 45 750 Kč. U této varianty je nutné si uvědomit, že v případě využívání srážkové vody pro splachování toalet bude nutné v průběhu roku doplnit vodu nutnou pro zálivku zahrady pitnou vodou. V případě tohoto konkrétního modelového případě se jedná o dočerpávání vody ze studny.

Třetí variantou je využití zařízení pro recyklaci šedé vody, její kumulaci a dalšího využití pro splachování toalet a dále pro zálivku zahrady. V této variantě je instalováno zařízení na recyklaci šedé vody, další rozvody pro přečištěnou vodu do toalety rodinného domu a řídicí jednotky, která přepíná zdroje vody.

6.3. Varianta č. 3 použití bílé a srážkové vody pro splachování WC a zálivku zahrady

Odvodňovaná plocha 156 m²

(střecha šikmá – betonová taška)

Akumulární nádrže 16 m³

(filtrační koš s jemným sítem v akumulární nádrži, 2 x akumulární nádrž 12 + 4 m³, řídicí jednotka)

Investiční náklady 287 000 Kč

Dotační podpora (maximální podpora je v programu Dešťovka nastavena na 50 % celkových způsobilých výdajů)	105 000 Kč
Vlastní náklady žadatele	182 000 Kč
Realně využitelné množství srážkové vody	55 m ³ /rok
Cena vodného a stočného	90,3 Kč
Roční úspora	4 257 Kč
Prostá návratnost bez dotace	48,6 let
Prostá návratnost s dotací (50 % CZV)	23,9 let

Tato varianta je investičně nejvíce náročná ze všech diskutovaných variant. V případě tohoto řešení je nutné instalovat zařízení na recyklaci šedé vody, které vychází 95 000 Kč. Dále je nutné opět instalace druhého rozvodu pro přečištěnou šedou vodu z akumulární nádrže, řídicí jednotka, která přepíná zdroje vody a samozřejmě, jako tomu bylo u předešlých variant, dojde k instalaci akumulární nádrže dešťovou vodu. Jak již bylo řečeno, tato varianta je nejvíce investičně náročná, proto je taky návratnost, v případě, že nebude využita dotační podpora přes 48 let. V opačném případě, kdy bude využita maximální míra podpory, která je u tohoto opatření nastavena na 50 % celkových způsobilých výdajů, nejvýše však do výše 105 000 Kč. V případě využití této dotační podpory pak návratnost investice je zhruba na poloviční úrovni, tzn. 24 let.

Poslední variantou, která je v této diplomové práci řešena, je varianta, která pracuje se žlutými vodami. V případě této varianty je instalována nádrž na akumulaci žluté vody a ta je dále využívána jako hnojivá zálivka vegetačních prvků zahrady rodinného domu. Jedná se o okrajové a v rodinných domech ne moc využívané opatření. Zařízení na recyklaci žlutých vod, jak bylo popsáno v kapitole, která se zabývá recyklací žluté vody obecně, je používáno hlavně

ve veřejných budovách a nebo v místech velké koncentrace lidí. Tato zařízení bývají nejčastěji ještě spojena s takzvanými bezvodými pisoáry, které množství vod nutných ke splachování velmi redukuje.

6.4. Varianta č. 4, nakládání se žlutými vodami, bezvodý pisoár

Akumulační nádrž na žlutou vodu včetně instalace	45 000 Kč
Samostatné potrubí pro žluté vody	35 000 Kč
Hygienické tablety	1500 Kč
Čerpadlo	5000 Kč
Bezvodé pisoáry	55 000 Kč
Náklady celkem	96 500 Kč
Žlutá voda vyprodukovaná za rok (500l/osoba)	1000l
Úspora vody na splachování	35 m ³
Cena vodného a stočného	90,3 Kč/m ³
Finanční úspora	3160,5 Kč
Prostá návratnost	30,4 let

Tato varianta je ještě dále rozdělena na dvě podčásti. Je to z důvodu možnosti využití tzv. bezvodých pisoárů, který celkem podstatně redukuje množství vody nutné pro spalování pisoáru. V rámci této varianty je nutné instalovat samostatné potrubí svedení žluté vody z pisoáru do akumulační nádrže. Tato instalace v rámci rodinného domu vychází na zhruba 35 000 Kč. Dále jsou nutné hygienické tablety, tyto mají životnost zhruba rok a jsou zhruba na úrovni 1500 Kč za jednu tabletu. Dále je nutné instalovat čerpadlo do akumulační nádrže, které pro tuto navrhovanou variantu vychází na 5000 Kč. Dále je navržena instalace bezvodých pisoárů, kdy jedno zařízení vychází na zhruba 25 000 Kč plus je nutné připočítat náklady na instalaci takového zařízení. Celkové náklady tak v této konkrétní navržené variantě

vycházejí na 96 500 Kč. Při ušetřené ceně za vodu, která by byla využita na splachování toalety je návratnost investice zhruba na úrovni 30 let.

V této variantě lze ještě k pozitivům přičíst vyprodukované hnojivo, které lze použít na zahradě rodinného domu. Ekvivalent hnojiva, které by bylo v opačném případě nutné k přihnojení vegetačních prvků, je v řádech jednotek kil běžného hnojivo obsahují hlavní prvky N P K. V zásadě se jedná o částku cca 1000 Kč za rok. Jelikož se jedná o minimální částku a s ohledem na celkové náklady akce, nebyla tato částka do celkové kalkulace připočtena. Možnost podpory z nějakého dotačního titulu není pro rodinné domy vypsána.

7. Závěr:

V této práci jsem se zabýval vypracováním rešerše zabývající se problematikou využití srážkové vody zachycené na pozemcích rodinných domů a vody z domovní čističky odpadních vod. Pro tuto práci jsem vybral konkrétní rodinný dům a na jeho příkladu jsem popsal možné způsoby nakládání s dešťovou vodou, čištění a vypouštění vyčištěné odpadní vody, v tomto případě je vyčištěná voda přepouštěna do suchého poldru a možnosti dotační podpory.

V rámci práce byly zpracovány čtyři varianty řešení. Některé z variant se ještě dále dělí dle použitých technologií, nebo zvyklostí, které se v této problematice a na tomto trhu vyskytují. Jednalo se o tyto čtyři varianty:

První varianta byla zaměřená na nakládání s vodou s vodou dešťovou a její použití pro závlahu vegetačních prvků na zahradě rodinného domu. V další variantě je dešťová voda používána jak pro splachování, tak i pro závlahu. Tato varianta byla v této diplomové práci označena jako 2. varianta. Třetím případem je využití recyklovaných šedých vod vzniklých v koupelně rodinného domu pro závlahu zahrady a splachování toalet a poslední variantou, která je řešena v rámci této diplomové práce je varianta, která řeší recyklaci vod žlutých.

Problematiky byla posouzena z hlediska technického, ekologického a ekonomického a byly diskutovány i možná dotační podpora u jednotlivých variant. První varianta, která je nejméně investičně nákladná se pohybuje zhruba na úrovni 77 000 Kč, druhá varianta, která je finančně náročnější je na úrovni 118 250 Kč a třetí varianta, která je finančně nejnáročnější je na úrovni 287 000 Kč. Poslední variantou byla v rámci této práce čtvrtá variant s investičními náklady na úrovni 96 500 Kč.

Z hlediska návratnosti investice vychází nejlépe varianta první za předpokladu dotační podpory, která je zhruba na úrovni 8 let. Všechny ostatní varianty, jelikož jsou finančně náročnější a možná podpora dosahuje vždy 50 %, mají návratnost investice jednou tak dlouhou zhruba na úrovni 15 - 16 let. V případě, že hlavním argumentem pro případného investora bude hledisko ekonomické bude vybírat mezi první a druhou variantou, samozřejmě za předpokladu

podpory z některého dotačního titulu. Zařízení na úpravu šedé vody a její rozvod v rámci rodiného a domu a pro zálivku je velice finančně náročné z hlediska návratnosti investice i s ohledem na skutečnost a v případě faktu, že životnost některých zařízení je zhruba na hranici návratnosti nebude tato varianta tolik využívána. V její neprospěch rovněž mluví i velikost nutného prostoru pro instalaci takového zařízení.

Třetí a čtvrtá varianta sice zatím není tolik využívána jako je tomu u předešlých dvou variant. Z hlediska stoupajících cen vodného a stočného a v některých oblastech i k omezeném přístupu k pitné vodě, budou tyto technologie stále více využívány a bude u nich docházet i k větší míře podpory, než je tomu nyní.

9. Seznam zkratek

Chemické látky

- N – dusík
- N-NH₄⁺ – amonný dusík
- N-NO₃⁻ – dusičnanový (nitrátový) dusík
- NT – nitrogen total (celkový dusík)
- P – fosfor
- PET – polyethylentereftalát
- K - draslík

Organizace

- FAO – Organizace OSN pro výživu a zemědělství
- MZE – Ministerstvo zemědělství
- MŽP – Ministerstvo životního prostředí
- ZPF – Zemědělský půdní fond
- SFŽP – Státní fond životního prostředí ČR

Pojmy

- BSK – Biologická spotřeba kyslíku
- ČOV – Čistírna odpadních vod
- ČSN – Česká státní norma
- DČOV – Domovní čistírna odpadních vod
- EO – Ekvivalentní obyvatel
- CHSK – Chemická spotřeba kyslíku
- ISO – Mezinárodní organizace zabývající se tvorbou norem (International Organization for Standardization)
- KČOV – Kořenová čistírna odpadních vod
- KTJ – Kolonie tvořící jednotka
- MBR – Membránové bioreaktory
- MČOV – Malé čistírny odpadních vod
- NL – Nerozpustné látky

- NV – Nařízení vlády
- OV – Odpadní vody
- PAU – Polyaromatické uhlovodíky
- RRD – Rychle rostoucí dřeviny
- SR – Směrnice rady
- TOC – Celkový organický uhlík

10. Seznam obrázků

Obr. 1: Schéma jednotlivých variant (Brokeš, 2022).

Obr. 2: Jednoduché schéma využití dešťové vody (www.dotacedestovka.cz, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 3: Filtrace srážkových vod (<https://www.belis.cz/10-detail-vyuziti-destove-vody-filtrace-destove-vody>, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 4: Jednoduché schéma využití dešťové vody pro závlivku zahrady a pro splachování toalet (www.dotacedestovka.cz, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 5: Rozdělení druhů odpadních vod, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 6: Schéma použití šedé a srážkové vody (www.dotacedestovka.cz, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 7: Vznik šedých vod v rámci rodinného domu (Raček, 2016).

Obr. 8: Zdroje šedé vody (<https://www.vodavdome.cz/recyklace-sede-vody-nevyuzity-zdroj-uvnitř-budovy/>, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 9: Procesy v recyklaci šedých vod, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 10: Membránový bioreaktor (<https://www.estav.cz/cz/9981.recyklace-a-vyuziti-sedych-vod-v-rodinnem-dome/gallery?photo=2>, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 11: Faktory ovlivňující proces čištění šedých vod (Brokeš, 2022).

Obr. 12: Schéma funkce bezvodého pisoáru (<https://slideplayer.cz/slide/11191818/>, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 13: Možnosti nakládání s odpadními vodami v malých obcích (Jágllová a kol. 2009, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 14: Schéma domácí čistírny odpadních vod (<https://zakra.cz/blog/jak-funguje-cisticka-odpadnich-vod/>, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 15: Schéma státní správy ve vodním hospodářství (Brokeš, 2022).

Obr. 16: Huťě pod Třemšínem, ortofoto mapa řešeného území (<https://mapy.cz/zakladni?x=13.7893686&y=49.5922405&z=13&base=ophoto&source=ward&id=3376&ds=1>, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 17: Katastrální mapa řešené lokality (Karel Sladký – projekční kancelář, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 18: Koeficient odtoku ze střechy (https://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000105_help.html, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 19: Koeficient odtoku ze střechy (<https://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000105_help.html, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 20: Situace modelového příkladu (Karel Sladký – projekční kancelář, 2021: Projektová dokumentace RD, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 21: ČOV ENVI-PUR Bio Cleaner BC 4 (<https://www.envi-pur.cz/cisticky-odpadnich-vod-cov-domovni/>, upravil Brokeš, 2022).

Obr. 22: Potřeba vody pro závlivku v závislosti na teplotě (https://zavlahy.irimon.cz/clanek_kolik_vody_na_zavlahu, upravil Brokeš, 2022).

11. Seznam tabulek

Tab. 1: Legenda k obrázku č. 7 (Brokeš, 2022).

Tab. 2: Produkce šedých vod v průběhu dne (Brokeš, 2022).

Tab. 3: hydrotechnický výpočet průměrné spotřeby (Karel Sladký – projekční kancelář, upravil Brokeš, 2022).

Tab. 4: Odtokové poměry znečištění z ČOV (Karel Sladký – projekční kancelář, upravil Brokeš, 2022).

Tab. 5: Navrhované limity vypouštění odpadních vod (Karel Sladký – projekční kancelář, upravil Brokeš, 2022).

Tab. 6: Množství vody pro zálivku při průměrných srážkách (Brokeš, 2022).

Tab. 7: Množství vody pro zálivku při nadprůměrných teplotách (Brokeš, 2022).

Tab. 8: Množství vody pro zálivku při podprůměrných teplotách (Brokeš, 2022).

Tab. 9: Sumarizační tabulka pro závislost potřebného množství vody pro zálivku (Brokeš, 2022).

12. Seznam grafů

Graf č. 1: Průměrná denní spotřeba vody (Brokeš, 2022).

Graf 2: Průměrné množství srážek za sledované období (Brokeš, 2022).

Graf 3: Průměrné teploty za sledované období (Brokeš, 2022).

13. Přehled literatury a použitých zdrojů

Odborné publikace:

BARTONÍK, A. a PLOTĚNÝ, K. Recyklace tepla v budovách – šedé vody. Sborník semináře Energie z odpadních vod. Brno: ASIO, 2011, s. 17–20.

Bartoník, A., Holba, M., Vrána, J., Ošlejšková, M., Plotěný, K. Šedé vody – možnosti využití jejich energetického potenciálu, *Vodní hospodářství 2/2012*, s.60-64.

Beran, Jan. 2005. Základy vodního hospodářství. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální. Praha. ISBN 80-213-0694-7.

BERÁNKOVÁ, M. Odpadní voda – odpad nebo poklad?. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2016, roč. 58, č. 2, str. 43–45. ISSN 0322-8916.

Bindzar J, *Základy úpravy a čištění vod*, VŠCHT Praha, 2004, 251 p.

Caha J., Kučera J., Proske Z., 2013: Odvodňování urbanizovaných území malých obcí ČR. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava 1: 23 – 30.

EUREAU Position Paper, Water re-use and other alternative resources at home: rainwater harvesting and greywater recycling for domestic purposes, Working Group Microbiological Quality, Eureau-Commission 1, July, 2011.

Gray N, *Water technology: an introduction for environmental scientists and engineers*, IWA, 2010, 747 p.

Jágllová V., Šnajdr M., Beránek J., Prax P., Sládek R., Plotěný K., Hlaváč J., Dušek O., 2009: Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 ekvivalentních obyvatel – metodická příručka. Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha, 87 s.

Just T., Fuchs P., Písařová M., 1999: Odpadní vody v malých obcích. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha, 120 s.

Kohout, Václav. et al. 2002. Zemědělské soustavy. Česká zemědělská univerzita v Praze.

Kučerová R, Fečko P, Lyčková B, Úprava a čištění vody – Multimediální učební texty zaměřené na problematiku úpravy a čištění vody, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010.

Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, ©2019: Vsakování srážkových vod, metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj, Praha, 2019, 35 s.

Ministerstvo životního prostředí ČR, ©2011: Studie problematiky šedých vod v sídlech ČR, Praha, 2011, 103 s.

Mlejnská,E. et al. Extezivní způsoby čištění odpadních vod. Praha :VÚV TGM, 2009, 119 s.

Pitter P., 2015: Hydrochemie. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 792 s.

Plotěný K. Dělení vod, bílé a šedé vody – nové poznatky a možnosti využití, Sborník semináře Vodohospodářské chuťovky Brno, ASIO, spol. s r.o. 2011, s 21-27.

POČÍNKOVÁ M, Teplo a energie z odpadních vod – využití tepla z odpadních vod k ohřevu teplé vody a k vytápění budov (DWA směrnice, ASIO spol. s r.o., Sborník semináře – Podzim 2011 – Energie z odpadních vod.

Raček, J., 2016: Metodika návrhu systému využití šedých vod ve vybraných objektech. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno. 38s.

Sharon Hophmayer Tokich. Wastewater management strategy: centralized v. decentralized technologies for small communities, 2006, 27 s.

SKLENÁROVÁ, T. Decentralizovaný způsob nakládání s odpadními vodami. TZB Haustechnik, č. 1, 2009, s. 26–29.

Slavík, Ladislav. 2002. Závlahy pro pěstitele speciálních plodin a zahrádkáře. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. ISBN 80-7105-124-1.

Sobota J., 2012: Vodní hospodářství, studijní texty předmětu. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 54 s.

Sojka J., 2013: Čistírny odpadních vod: pro rodinné domy. Grada Publishing, a.s., Praha, 96 s.

Synáčková M., 2014: Vodárenství a stokování. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 99 s.

Šálek J., Křiška M., Pírek O., Plotěný K., Rozkošný M., Žáková Z., 2012: Voda v domě a na chatě - využití srážkových a odpadních vod. Grada Publishing, a.s., Praha, 144 s.

Legislativní zdroje:

ČSN 75 5409: VNITŘNÍ VODOVODY. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2013.

ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky.

ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500.

ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel.

ČSN 75 6760: Vnitřní kanalizace. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2003.

ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2012.

ČSN EN 12056-2: Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 2: Odvádění splaškových odpadních vod - Navrhování a výpočet. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2003.

ČSN EN 752: Odvodňovací systémy vně budov. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2008.

ČSN EN 806-2: , Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě - Část 2: Navrhování Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2005.

ČSN ISO 5667-10 (757051) Jakost vod - Odběr vzorků - Část 10: Pokyny pro odběr vzorků odpadních vod.

ČSN ISO 5667-14 (757051) Jakost vod - Odběr vzorků - Část 14: Pokyny k zabezpečování jakosti odběru vzorků vod a manipulace s nimi.

zákon č. 254/2001 Sb. § 38 odst. 1, o vodách, v platném znění.

Zákon č. 183/2006 Sb., zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platném znění.

Zákon č. 274/2001 Sb., zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu.

a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) v platném znění.

Zákon č. 185/2001 Sb., zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

Nařízení vlády č. 57/2016 Sb. stanovující ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných do vod podzemních a náležitosti a nutnosti povolení k vypouštění těchto vod do vod podzemních.

Vyhláška č. 183/2018 Sb. stanovující náležitosti rozhodnutí a dalších opatření vodoprávního úřadu a doklady předkládané tomuto úřadu.

Vyhláška č. 123/2012 Sb. stanovuje poplatky za vypouštění odpadních vod do vod povrchových.

Směrnice 91/271/EHS - Směrnice se zabývá odváděním, čištěním a vypouštěním městských odpadních vod a odpadních vod z určitých průmyslových oborů. Klade si tak za cíl ochranu životního prostředí před negativními účinky vypouštění těchto vod.

Směrnice 2008/105/ES - Tato směrnice stanovuje normy environmentální kvality (NEK) týkající se přítomnosti některých látek nebo jejich skupin, které představují značné riziko pro vodní prostředí nebo jeho prostřednictvím, v povrchových vodách. Takovéto látky jsou označeny za prioritně znečišťující látky.

Směrnice 2000/60/ES – Tato směrnice stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

Internetové zdroje:

ASIO TECH, spol. s r.o, ©2021: Energie šedých vod. asio. [Online] ©2021. [Citace: 19. 12 2021.] <<https://www.asio.cz/cz/energie-sedych-vod>>.

ASIO TECH, spol. s r.o, ©2021: Energie šedých vod. asio. [Online] ©2021. [Citace: 19. 12 2021.] <https://www.asio.cz/cz/as-urine-vyuziti-zlutych-vod>.

ASIO, ©2020: ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD AS-VARIOCOMP K (online) [cit. 19. 12 2021], dostupné z <<https://www.asio.cz/cz/as-variocomp-k>>.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, ©2021: Územní teploty [Online] ©2022. [Citace: 19. 12 2021.] <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>.

ČÚZK, ©2021a: Český úřad zeměměřický a katastrální. Nahlížení do katastru nemovitostí [Online] ©2022. [Citace: 19. 12 2021.] <https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=650005&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>.

DREW, B.; HANSON, R.: Greywater Recycling – An Untapped Resource Inside Buildings. Dostupné z: <http://ecovieenvironmental.com/greywater-recycling-anuntapped-resource-inside-buildings/>.

Elbl, J., 2015: Využívání odpadních vod k závlaze zemědělských plodin (online) [CIT. 19.12.2021], dostupné z http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=3367.

Jirmus, Ing. Vladimír. Recyklace šedé vody – nevyužitý zdroj uvnitř budovy. tzbinfo. [Online] 16. 5 2016. [Citace: 19. 12 2021] dostupné z <https://voda.tzb-info.cz/uspory-vodakanalizace/14210-recyklace-sede-vody-nevuzity-zdroj-uvnitř-budovy>.

Lederer, T., 2013: Úvod do problematiky čištění odpadních vod MBR, aplikační potenciál (online) [Citace: 19. 12 2021], dostupné z <http://www.czemp.cz/sites/default/files/clanek/458/prilohy/1membranovebioreaktory.pdf>.

Ministerstvo životního prostředí ČR, ©2021: Národní program životní prostředí [Online] ©2017. [Citace: 19. 12 2021.] <https://www.narodniprogramzp.cz/nabidka-dotaci/detail-vyzvy/?id=50#dokumentykestazeni>.

Pavelková Chmelová, R., Frajer, J. ZÁKLADY HYDROLOGIE. Univerzita Palackého v Olomouci: Katedra geografie. <https://geography.upol.cz/soubory/studium/DS-GVS/Opora-DHYDR.pdf> >.

STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR, ©2021: NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM [Online] ©2022. [Citace: 19. 12 2021.] <https://novazelenausporam.cz/>.

Ostatní zdroje:

Karel Sladký – projekční kancelář, 2021: Projektová dokumentace pro DČOV rodinného domu v k.ú. Konětopy u Příbramě, parc. č. 164, 45 s „nepublikováno“. Dep.: Havelkovi, Konětopy.

Knoblochová Pavla Ing, - projekční kancelář, 2021: Projektová dokumentace pro novostavbu rodinného domu včetně přípojek IS, zpevněných ploch a oplocení v k.ú. Konětopy u Příbramě, parc. č. 164, 37 s „nepublikováno“. Dep.: Havelkovi, Konětopy.

BOGÁŇOVÁ, IDA. Možnosti využití šedých vod. (Brno, 2012). 106 s., 6 s. příloh. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí.

Dolejš, P.: Příručka pro čištění a úpravu vody. KEMIFLOC, a.s. Přerov, 1996, 133 s.