

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
hospodářství**



**Bakalářská práce**

**Hospodaření s dešťovými a šedými vodami**

**Romana Skučková**

© 2020 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Romana Skučková

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

**Hospodaření s dešťovými a šedými vodami**

Název anglicky

**Management of rain water and gray water**

---

### Cíle práce

Cílem práce je obecná charakteristika druhů odpadních vod, poukázání na vodu šedou a dešťovou jako alternativu vody pitné. Navržení způsobu využití šedých a dešťových vod na konkrétním objektu, následná ekonomická rozvaha a posouzení.

### Metodika

Zásady pro zpracování

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Využití šedé a dešťové vody
5. Metodika
6. Popis řešené lokality
7. Návrh hospodaření s dešťovými vodami
8. Návrh hospodaření s šedými vodami
9. Investiční náklady
10. Diskuze
11. Závěr
12. Použité zdroje
13. Přílohy

**Doporučený rozsah práce**

cca 40 stran textu

**Klíčová slova**

Voda šedá, voda dešťová, retence, úprava vody, hospodaření s vodou

---

**Doporučené zdroje informací**

BŮSE K. H., 1999: Dešťová voda pro zahradu a dům. HEL, Ostrava: 85 s.

DAVIES, J. W. – BUTLER, D. *Urban drainage*. London ; New York: Spon Press, 2004. ISBN 041530606.

HLAVÍNEK P., PRAX P., SKLENÁROVÁ T., DVOŘÁKOVÁ D., POLÁŠKOVÁ K., KUBÍK J., HLUŠTÍK P. a BERÁNEK J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec s.r.o., Brno: 164 s.

HOLT P., JAMES E., 2006: Waste water reuse in the Urban Environment: selection of technologies .Armineh Mardirossian, Issues 1, 80 pages.

KABELKOVÁ I., DOLEŽALOVÁ A., 2009: Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku: praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zaskování. Ústav pro ekopolitiku o.p.s., Praha: 48 s.

Legislativní podklady a normy

ŘÍHA J., 2014: Voda jako složka biosféry: encyklopedie vodního hospodářství I. Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem. 96 s.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

---

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2020

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

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 09. 03. 2020

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: “Hospodaření s dešťovými a šedými vodami“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

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

V Praze dne 3. 3. 2020

Romana Skučková

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za cenné rady, věcné připomínky a odborné vedení při psaní této bakalářské práce.

# Hospodaření s dešťovými a šedými vodami

## Abstrakt

Voda je velmi cenný zdroj, bez kterého je život na Zemi jen těžce představitelný. I když se voda zařazuje do nevyčerpatelných zdrojů, často jí bývá nedostatek a to hlavně v podobě vody pitné. Je velmi důležité omezit plýtvání pitnou vodou, umět ji efektivně využít a správně s ní hospodařit. Jednou z možností je recyklování šedé vody a zachycování a následné využití vody dešťové. V případě šedých vod se jedná o směs komunální vody z kuchyní a koupelen bez fekálního znečištění, které představují největší podíl odpadních vody v domácnosti. Cílem je šedé vody recyklovat a po hygienizaci následně použít jako vodu užitkovou ke splachování toalet a úklidu.

Urbanizované území je tvořeno velkým množstvím zpevněných ploch převážně betonem a asfaltem, čímž dochází k povrchovým odtokům, dlouhodobému tepelnému vyzařování, které uvolňuje teplo a vytváří efekt tepelných ostrovů a tím přispívá ke změně klimatu. Využívání a hospodaření s dešťovou vodou je klíčové mimo jiné i pro zmírnění rostoucích teplot a sucha, udržení hladiny podzemní vody, zadržení srážkové vody v půdním profilu místa spadu. Zastavěné plochy mají vliv na snižování výparu vody, čímž se snižuje množství srážek a zvětšuje horko. Výpar vody ve městě lze podpořit budováním zelených střech, zelených fasád a opatřeními na vsakování vody do podzemí v kombinaci s vegetací.

Práce se zabývá tématem využití dešťových a šedých vod v objektu bytovny věžnice, kde je popsána řešená lokalita, problematika společného kanalizačního systému pro odpadní vody a jsou navrženy dvě varianty využití odpadních vod.

**Klíčová slova:** dešťová voda, šedá voda, hospodaření s vodou, spotřeba vody, úspora vody

# Management of rain water and grey water

## Abstract

Water is a very valuable resource without which you can hardly imagine life on Earth. Although water is included in inexhaustible resources, it is often rare and mainly in the form of drinking water. It is very important to reduce drinking water waste, be able to use it efficiently and manage it properly. One option is to recycle grey water and collect and then use rainwater.

In the case of grey water, it is a mixture of municipal water from kitchens and bathrooms without faecal contamination, which represents the largest proportion of domestic waste water. The aim is to recycle grey water and, after sanitation, use it as useful water for flushing toilets and cleaning.

The urban area consists of a large number of reinforced surfaces, mainly made of concrete and asphalt, resulting in surface runoffs, long wave heat radiation that releases heat and creates the effect of thermal islands, thus contributing to climate change. The use and management of rainwater is crucial to mitigate, inter alia, rising temperatures and droughts, maintaining groundwater levels, retaining rainwater in the soil profile at the fall point. Built-up areas have the effect of reducing water vapor, reducing precipitation and increasing heat. Water vapor of the city can be supported by building green roofs, green façades and measures to suck water underground in combination with vegetation.

The work deals with the use of rainwater and grey water in the prison building, which describes the site, the issue of the common sewer system and two options for the use of waste water.

**Keywords:** rainwater, gray water, water management, water consumption, water saving

# Obsah

1	Úvod .....	10
2	Cíl práce .....	12
3	Základní role vody .....	13
3.1	Koloběh vody na Zemi .....	13
3.2	Funkce vody .....	13
3.3	Spotřeba vody .....	14
4	Odpadní vody .....	15
4.1	Definice odpadních vod .....	15
4.2	Nakládání s odpadními vodami .....	15
4.3	Dělení odpadních vod .....	16
5	Dešťové a šedé vody jako alternativa pitné vody .....	17
5.1	Využití provozní vody .....	17
5.2	Zásady pro využití dešťových a šedých vod .....	17
6	Šedá voda .....	19
6.1	Využití šedých vod .....	19
6.2	Znečištění šedých vod .....	19
6.3	Čištění šedých vod .....	20
6.4	Skladování šedých vod .....	21
6.5	Specifické požadavky na kanalizaci .....	22
7	Dešťová voda .....	23
7.1	Přírodě blízké hospodaření s dešťovými vodami .....	23
7.2	Využití dešťových vod .....	23
7.3	Znečištění dešťových vod .....	25
7.4	Čištění dešťových vod .....	26
7.5	Skladování dešťových vod .....	27
7.6	Specifické požadavky při zadržování dešťové vody .....	27
8	Spotřeba, potřeba, produkce vody, stanovení objemu nádrží .....	28
8.1	Spotřeba vody .....	28
8.2	Potřeba vody .....	28
8.3	Produkce vody .....	30
8.3.1	První metoda stanovení průměrné denní produkce šedé vody .....	30
8.3.2	Druhá metoda stanovení průměrné denní produkce šedé vody .....	32
8.3.3	Stanovení zisku dešťové vody .....	32
8.4	Stanovení objemu nádrží .....	33
9	Metodika .....	34



10 Řešení hospodaření s šedými a dešťovými vodami pro ubytovnu Věznice Pardubice .....	35
10.1 Představení lokality.....	35
10.2 Produkce a specifická potřeba šedé vody v daném objektu.....	37
10.2.1 Stanovení produkce šedé vody .....	37
10.2.2 Stanovení specifické potřeba vody pro splachování.....	38
10.3 Návrh na hospodaření s šedou vodou .....	39
10.3.1 Dimenzování nádrže na šedé vody .....	39
10.3.2 Řešení návrhu pro hospodaření s šedými vodami .....	40
10.3.3 Investiční náklady .....	40
10.3.4 Ekonomická rozvaha.....	41
10.4 Návrh na hospodaření s dešťovou vodou.....	41
10.4.1 Měsíční srážkové úhrny .....	41
10.4.2 Návrh systému pro akumulaci srážkových vod.....	42
10.4.3 Investiční návrh .....	43
10.4.4 Ekonomická rozvaha.....	44
11 Diskuze .....	45
12 Závěr.....	48
13 Seznam použitých zdrojů.....	50
14 Seznam obrázků .....	54
15 Seznam tabulek .....	55
16 Přílohy .....	56

# 1 Úvod

Voda je mimořádná látka vyskytující se běžně ve třech různých skupenstvích, v podobě ledu, kapaliny a páry. Voda je sloučenina obsahující dva atomy vodíku a jeden atom kyslíku. Voda se chová anomálně skoro ve všech svých fyzikálně-chemických vlastnostech. Zajímavostí je, že voda má největší hustotu při 4 °C, při zahřátí je oproti ostatním kapalinám těžší a při ochlazení lehčí. V rámci koloběhu přírody je stále v pohybu, vypařuje se, sráží se, vsakuje, odtéká, akumuluje a zase se vypařuje a tak dochází k dalšímu koloběhu. Voda má energii, chladí, ohřívá, léčí, slouží k zábavě, využívá se k dopravě. Bez vody není života, je drahocennou, nenahraditelnou surovinou a je nutné o tuto významnou surovinu pečovat, chránit ji a naučit se s ní hospodařit. Přírozený hydrologický cyklus vody a hospodaření s vodou je velmi důležitý pro udržení rovnováhy vody v přírodě i pro budoucí generace. (Blažek a kol. 2006)

Základní rolí vody je její nezastupitelnost pro život a ekonomická funkce. Pokud by se růst populace přiblížil k prognózám, stane se uspokojování poptávky po vodních zdrojích společně s ochranou jejich ekologických funkcí klíčovou otázkou jednadvacátého století.

Jsou části světa, kde je voda velmi vzácná. Nedostatek vody se týká hlavně rozvojových států a trápí především nejchudší vrstvy. Pro tyto lidé je nepředstavitelné, aby plýtvali pitnou vodou na splachování toalet, jako je tomu u nás. Využívání pitné vody tam, kde postačuje voda provozní, je neekonomické a neekonomické. (Hák 2014)

Častým důvodem zpevnování ploch je údržba, protože zdánlivě není tak náročná jako údržba zelených ploch, která obnáší pravidelnou péči a zavlažování. Dešťová voda z urbanizovaných území bývá poté odváděna přímo dešťovou kanalizací nebo nepřímo jednotnou kanalizací a následně je bez užitku vypouštěna přímo do potoků a řek. Toto neekonomické zacházení s vodou má za následek velké náklady na stavbu kanálu, čistíren a retenčních nádrží, kanalizační sítě bývají přetížené, rychlý odtok dešťové vody z urbanizovaných území zvyšuje riziko záplav a místním ekosystémům a vodní bilanci pak odtékající dešťová voda chybí, což může vést až k poškození

vegetace. Také dochází ke zhoršení mikroklimatu, protože se vypařuje méně vody a tím je vzduch sušší. (Böse 1999, Kabelková a Doležalová 2009)

Využití a hospodaření s šedými a dešťovými vodami je jedním z cílů jak dosáhnout udržitelnosti zdrojů.

## **2 Cíl práce**

Cílem práce je prostřednictvím literární rešerše na základě zdrojů z odborné literatury popsat vodu jako základní složku biosféry, její funkce a spotřebu, druhy odpadních vod se zaměřením na vody šedé a dešťové. Jedním z cílů je popsat možnosti jejich zadržování, znečištění šedých a dešťových vod jejich následná úprava a znovuvyužití. Dalším cílem je návrh systému pro hospodaření s šedými a dešťovými vodami ve vězeňské ubytovně blíže nspecifikované. Výpočet spotřeby pitné vody a produkce odpadních vod, vyhodnocení dostupnosti daného řešení a vypracování ekonomické rozvahy.

## 3 Základní role vody

### 3.1 Koloběh vody na Zemi

Povrch planety Země je tvořen více jak 70 % vodou, z toho se 97 % vody nachází v oceánech a mořích a pouze zbylé 3 % tvoří voda sladká. Největší zastoupení sladké vody, přibližně 70 % je ve formě ledovců a 30 % je tvořeno vodou atmosférickou, která se vyskytuje ve formě vodních par, vody podpovrchové a povrchové. (Blažek a kol. 2006)

Voda je základní složkou biosféry, na Zemi je nejrozšířenější látkou. Sladká voda je nerovnoměrně časově a prostorově rozdělena. Voda je stále v pohybu, její pohyb je v rámci globálního koloběhu látek v přírodě absolutní.

Oceán je místo, které lze označit jako počátek oběhu vody. Slunce ohřívá vodu a ta se vypařuje ve formě vodní páry do vzduchu, která je unášena výše do atmosféry, kde je nižší teplotou způsobena kondenzace vodní páry a následná přeměna do formy oblaků. Vzdušné proudy ženou oblaka nad zem, kde se srážejí, rostou a poté vypadávají z oblohy jako srážky. Většina srážek padá zpět do oceánů nebo na pevninu, odkud odtéká jako povrchová voda. Část odtékající vody se vsakuje do půdy, povrchový odtok a prosakující podzemní voda se hromadí jako sladká voda v jezerech a řekách, které poté odvádějí vodu zpět do oceánů. (Říha 2014)

### 3.2 Funkce vody

Voda má **funkci biologickou**, kdy vedle půdy má prvořadý význam pro zajištění výživy lidstva. **Zdravotní funkce** vody je v zajištění osobní i veřejné hygieny člověka, slouží k mytí, čištění, k odstraňování odpadů, k vytápění, klimatizaci, kropení a pro široké uplatnění při rekreaci. **Funkci kulturní a estetickou** lze vidět v obecném přínosu ke zkrášlení krajiny a sídlišť. Voda je nezaměnitelný přírodní činitel při tvorbě architektury krajiny. Pomocí závlahy je možné změnit aridní oblasti v kulturní, hospodářsky prosperující krajinu. **Funkce politická a vojensko-strategická** je dána

litorálními, morfologickými formami. V mnoha částech světa plní vodní toky hraniční funkci. (Říha 2014)

### 3.3 Spotřeba vody

Dle statistických zjištění je patrné, že denní spotřeba pitné vody za poslední roky neustále stoupá. Můžou za to dlouhotrvající sucha a nadprůměrné teploty. Na jednoho obyvatele Česka připadá denně téměř 89 litru pitné vody, což je přibližně o půl litru více oproti minulému roku. Přesto Česká republika patří mezi země s nejnižší spotřebou pitné vody v Evropě, kde se obvyklá spotřeba pohybuje mezi 120 až 150 litry na osobu a den. Pro zajímavost, ve Spojených státech amerických se denní spotřeba vody donedávna blížila k 300 litrům na osobu.

Průměrná cena pitné vody se v ČR pohybuje okolo 50 Kč za metr krychlový včetně DPH. K ceně vodného je třeba započítat i cenu stočného. Oproti předchozímu roku se její cena nepatrně zvýšila a tento trend bude pokračovat i do budoucna. Zde je prostor k zamyšlení nad využívání šedé a dešťové vody všude tam, kde není třeba vody pitné. (Hromková, Šimková 2018)

Do spotřeby vody je však nezbytné započítat i tzv. virtuální vodu. To je voda, která není na první pohled patrná. Spotřebovává se například při výrobě potravin živočišného původu, výrobků, energií a dalších komodit. Pro příklad lze uvést spotřebu 2700 litrů virtuální vody na jedno bavlněné triko. (Němec a kol. 2009)

## 4 Odpadní vody

### 4.1 Definice odpadních vod

V zákoně o vodách č. 254/2001 Sb., v § 38 odst. 1 jsou odpadní vody definovány jako „vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu) a jejich směsi se srážkovými vodami, jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod.“ O znečištěné vodě lze obecně hovořit jako o vodě, která je nevhodná ke konzumaci a styku s pokožkou. (Archis Ambulkar Jerry 2019)

### 4.2 Nakládání s odpadními vodami

Existují dvě hlavní varianty zneškodňování odpadních vod. Centralizované a decentralizované. Pro decentralizované odvádění a opětovné využití odpadní vod se používá zkratka DESAR (decentralised sanitation and reuse). Jedná se o decentralizované řešení nakládání s odpadními vodami v jednotlivých domech, kde se tyto vody separují hned u zdroje, následně se čistí a opětovně využívají k efektivnímu hospodaření s vodou. Základní myšlenkou je netradičním způsobem zacházet a nakládat s odpadní vodou jako s cennou surovinou. (Beránková 2017, Mifková 2011)

Pro centralizované zneškodňování odpadních vod je potřeba rozsáhlých systémů přečerpávacího a transportního potrubí. Z investičního hlediska je ve většině případů výhodnější vyhnout se budování složitých a rozsáhlých systémů. Upřednostněním decentralizovaného čištění odpadních vod v místě jejich zdroje je možné, s přihlédnutím na místní morfologické a urbanistické podmínky, ušetřit až jednu třetinu investičních nákladů. (Topol 2005)

Nově používaná zkratka NASS pro nové způsoby sanitace si lze vysvětlit jako nekonvenčně aranžované sanitární systémy. Mezi cíle NASS patří redukce spotřeby vody, zpracování odpadů, dělení vod. Tato koncepce umožňuje například využít kal

jako hnojivo v zemědělství nebo šedé vody jako užitkovou vodu v domácnosti. Pro NASS je charakteristické, že ho lze použít individuálně pro každou lokalitu. Již v 70. a 80. letech minulého století se ve Švédsku objevily snahy o dělení a využívání jednotlivých druhů odpadních vod a tím se díky studiím a výzkumům stalo mezinárodně uznávanou zemí v oblasti výzkumů, návrhů a výroby separačních zařízení. Při využívání jednotlivých druhů odpadních vod je nutné přihlídnout i k hygienickým rizikům, které ale není u řešení v jednotlivých domácnostech velké, ovšem nesmí chybět hledisko hygieny a bezpečnosti. (Beránková 2017)

### **4.3 Dělení odpadních vod**

Odpadní vody jsou vody změněné použitím, odváděné kanalizačním systémem v jakékoliv kombinaci z domácností, průmyslu a jiných provozů, včetně vod dešťových a balastních. Veškerá odpadní voda z toalet, to znamená voda hnědá a žlutá se nazývá vodou černou. Žlutou vodou je nazývána moč, která se skládá z močoviny, rozpuštěných solí a dalších organických látek. Obsahuje dusík (N), fosfor (P) a draslík (K), dále síru, bór a další prvky. Z moči se průmyslově vyrábí hnojivo zvané NPK. Roční produkce moči na jednoho člověka je přibližně 500 litrů. Hnědými vodami se rozumějí fekálie. Jeden člověk během roku vyprodukuje kolem 50 litrů fekálií. Splaškovými domovními odpadními vodami se označují vody odváděné z kuchyní, prádelen, umyvadel, koupelen, toalet a podobných zařízení. Šedé vody jsou splaškové odpadní vody, které neobsahují fekálie ani moč. Bílou vodou se označují méně znečištěné šedé vody, zejména z koupelen, kterou je možné po úpravě využívat jako vodu provozní pro splachování záchodů, pisoárů a zalévání zahrad. (ČSN 75 0161, 2008, ČSN EN 1085, 2007, Beránková a kol. 2017)



## **5 Dešťové a šedé vody jako alternativa pitné vody**

### **5.1 Využití provozní vody**

V odběrných místech, kde není nutné zásobování pitnou vodou, se může využít voda provozní, a to zejména pro zásobování nádržkových nebo tlakových splachovačů záchodových mís, pisoárů, praček, zařízení pro zalévání. Úpravou, čištěním šedé nebo dešťové vody se získá voda provozní. Využívá se především šedá voda ze sprch, van, umyvadel a praček. Šedá voda ze dřezů je více znečištěná a klade větší nároky na čištění. (ČSN 75 6780, 2012)

Firma ASIO, spol. s r.o. na svých internetových stránkách informuje o projektu z roku 2011 až 2013 s názvem „Využití šedé a dešťové vody v budovách“, jehož hlavním cílem bylo připravení technologie úpravy a následného využití šedých a dešťových vod pro praktické uvedení na trh. Na projekt lze nahlížet z několika úhlů. Po stránce ekologické je to snížení množství vypouštěných znečištěných vod a snížení čerpání ze zdrojů vody. Ekonomická stránka vede k úspoře energie na dopravu vody a zejména k úspoře vodného a stočného. Po stránce obchodní se jedná zejména o prodejní produkt, kdy se očekává celosvětový nárůst zájmu v oblastech s nerozvinutou infrastrukturou a v aridních oblastech. Tato spolupráce přinesla oblasti systémů využívání šedých a dešťových vod technologická řešení, která byla do té doby využívána jen v omezené míře. Inovací v této oblasti byla vyvinutá technologie, která umožnila používat kromě dešťové vody i vyčištěnou šedou vodu a tím snížit spotřebu pitné vody až o polovinu. Cílem projektu bylo uvedení těchto technologií na trh a zhodnocení optimálního rozsahu recyklace a hygienického zabezpečení vody pro různé typy využití.

### **5.2 Zásady pro využití dešťových a šedých vod**

Zařízení pro jímání a využívání šedých nebo dešťových vod mohou být samostatná nebo kombinovaná zařízení např. v případě jejich nedostatku. Pro šedé, černé a dešťové vody je nutné zřídit oddílné vnitřní kanalizace s odděleným potrubím, stejně tak zásobování provozní vodou vyžaduje zřízení oddílného

vnitřního vodovodu s odděleným potrubím provozní vody. Stejně tak nesmí být vodovod provozní vody propojen s vodovodem pitné nebo užitkové vody. Pro veškerá tato zařízení a potrubí je nutná ochrana před mrazem. Vypouštěcí potrubí a bezpečnostní přelivy nádrží musí být opatřeny zápachovou uzávěrkou a zpětnou armaturou. Před vnikem hlodavců a hmyzu musí být zařízení chráněno uzávěrkou. Nádrže umístěné pod terénem se zajišťují proti účinkům vztlaku podzemní vody. Požadavky na akumulaci dešťových vod jsou stejné jako u vod šedých a bílých. Mezi hlavní požadavky na nádrže je vodotěsnost, odolnost proti korozi a jiným vlivům akumulované vody. Nádrže a místa odběru musí být označeny symbolem „Nepitná voda“, případně je možné je doplnit o jakou vodu se jedná, např. „Provozní voda“. (ČSN 75 6780, 2012, ČSN EN 16941-1, 2018)

Po celou dobu životnosti nádrže a jejich komponentů je nezbytné, aby vybraný materiál odolával teplotním rozsahům, hodnotám pH až 5. Také je třeba zvážit dopad použitých materiálů na životní prostředí.

(prEN 16941-2, 2017)

## 6 Šedá voda

Téma šedých vod je v ČR dosud jen okrajově diskutované a není specificky regulované, i když se na ně určitá regulace nebo aspoň doporučení vztahuje. Dle stavebního zákona není striktně vyžadováno zásobování obytného domu pitnou vodou, ale pro objekty sloužící veřejnosti, školy, včetně ubytovacích zařízení, je to obvykle různými zákony požadováno.

V zákoně o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů v § 3 je definována pitná voda následovně: „veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání. Hygienické požadavky na zdravotní nezávadnost a čistotu pitné vody se stanoví hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů, které jsou upraveny prováděcím právním předpisem, nebo jsou povoleny nebo určeny podle tohoto zákona příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví“. Nejedná se tedy jen o vodu na pití či vaření, ale také vodu, která se používá na čištění předmětů nebo ploch, se kterými přichází člověk do přímého kontaktu. Vodu na splachování toalet zákon nezmiňuje. (Kožíšek 2012, Ludwig 2006)

### 6.1 Využití šedých vod

Šedé vody jsou tvořeny neseparovanou šedou vodou, vodou z kuchyní, myček, praček a z umývátek, van a sprch. Jsou to vody nazývané podle EN 12056 jako splaškové odpadní vody, které neobsahují fekálie a moč. Tuto vodu lze využít jako náhradu vody pitné při splachování nebo na zalévání a z ní získaným teplem je možné ohřát teplou vodu. (Šálek 2012)

### 6.2 Znečištění šedých vod

Šedé vody jsou nejvíce znečištěny detergenty z pracích prášků, šamponů,

mýdel, zubních past a podobně. Z důvodu vysoké koncentrace znečištění bývají ze zdrojů šedé vody vyjímány odpadní vody z kuchyňských dřezů a z drtičů odpadů. (Beránková a kol. 2017)

Šedá voda z van a sprch je běžně znečištěna fekálním znečištěním, proto je třeba na tyto vody nahlížet, dá se říci, jako na vody zdravotně závadné. Při úpravě se nelze omezit jen na odstranění zákalu, ale je důležitá i dezinfekce a snížení organického zatížení na minimum z důvodu snížení možnosti množení mikroorganismů a snížení zápachu. Vzhledem k relativně nízkému znečištění šedých vod a zároveň malému úsilí k jejich čištění, jsou šedé vody užitečným prostředkem, jak uspořit vodu a tím snížit náklady na pitnou vodu. (Kožíšek 2012, Turner a kol. 2013, Holt a kol.2006)

### **6.3 Čištění šedých vod**

Rozhodující pro výběr systému čištění pro domovní nebo skupinové čistírny je množství vyprodukovaných odpadní vod, jejich stupeň znečištění a průběh vypouštění v čase. (Šálek 2012)

Podle požadavků na jakost provozní vody se navrhuje technologie čištění šedých vod a to s ohledem na její další využití. Mezi technologie čištění šedé vody patří úprava mechanická, chemická, fyzikální, čištění biologické a přírodní. Mechanická úprava je založena na čistících procesech využívajících sedimentaci a filtraci. Koagulace a elektrokoagulace, kdy se do odpadní vody dávkuje chemikálie na bázi železa, hliníku nebo jiných kovů je úpravou chemickou. Adsorpce nerozpuštěných látek na filtračním loži pískového filtru a membránová filtrace je řazena do procesů fyzikální úpravy. Podstatou biologické úpravy je provzdušňování aktivovaného kalu v nádrži. Mokřady, kořenové čistírny a rákosová pole patří mezi přírodní postupy čištění vody. (ČSN 75 6780, 2012, Plotěný 2013)

Mezi přírodní způsoby čištění patří nejen vegetační kořenové čistírny, které se dostaly do podvědomí před čtyřiceti lety, ale i půdní filtry, dále biologické nádrže, akvakultury, bioeliminátory a také sem patří, jako druhý stupeň biologického čištění, závlaha čištěnými odpadními vodami. Tyto způsoby čištění využívají samočistící procesy, které probíhají v půdním, vodním a mokřadním prostředí. K hlavním

přednostem přírodního čištění odpadních vod patří poměrně jednoduché stavební provedení, nízké nároky na energii, údržbu, provoz, ale také poutání části dusíku a fosforu mokřadními rostlinami a vysoký čistící účinek při odstraňování bakteriálního znečištění. K nedostatkům přírodního čištění patří velká náročnost na prostor, u vegetačních kořenových čistíren nízký čistící účinek při odstraňování amoniaku, závislost na klimatu a nezbytná těžba přebytečné biomasy. (Šálek a kol. 2008)

Hlavním požadavkem na jakost provozní vody a dešťových vod je, aby nedošlo z hlediska jejího složení a technologie úpravy k ohrožení zdraví uživatelů a kontaminaci životního prostředí. Čistící proces s následnou hygienizací je důležitý pro odstranění patogenních organismů z vyčištěné vody. Do chemických dezinfekčních metod se řadí použití chlóru, ozónu a dalších pokročilých oxidačních procesů a do fyzikálních způsobů patří dezinfekce UV lampou a membránovou filtrací. (ČSN 75 6780, 2012)

Chování lidí a druh použitých spotřebičů významně ovlivňuje množství a kvalitu šedých vod. Důležité je minimalizovat znečišťující látky, používat různé filtry nebo například lapače vlasů. (prEN 16941-2, 2017)

## **6.4 Skladování šedých vod**

Při výběru úložiště je důležité zohlednit maximální rychlost úpravy hydraulického výkonu, potřebnou skladovací teplotu a umožnění přirozeného větrání, maximální dobu skladování. Kvalita šedé vody se rychle zhoršuje a je třeba ji využít v co nejkratší době. Je doporučeno šedé vody skladovat maximálně jeden den. Materiály použité pro skladování nesmí mít negativní vliv na skladovanou vodu a na životní prostředí, musí být vyrobeny z neprůhledného materiálu, vodotěsné a ponořené komponenty zvoleny s ohledem na riziko koroze. Mezi další požadavky na skladovací zařízení je odolnost maximálnímu namáhání, zatížením a působení hydrostatického tlaku a na ochranu před vstupem malých zvířat. Pro pravidelnou kontrolu a údržbu musí být zařízení vybaveno zajištěným přístupem a pro případ přetečení i přepadem vybaveným lapačem zápachu, který umožní vypuštění přebytečné vody do kanalizace. (prEN 16941-2, 2017, Plotěný 2013)

## 6.5 Specifické požadavky na kanalizaci

System oddělení šedé a černé vody předpokládá použití dvou potrubí, kdy jedno potrubí odvádí černou vodu ze záchodových mís a pisoárů a druhé odpadní potrubí odvádí šedou vodu ze všech ostatních zařizovacích předmětů. Převážně se odvádí pouze šedé vody ze sprch, van a umyvadel, protože jsou nejméně znečištěné. Využití dalších šedých vod, např. ze dřezů a praček klade větší nároky na jejich čištění. Vnitřní kanalizace pro odvádění šedých vod včetně jímek a nádrží musí být odvětrávaná. Pro omezení vzniku pěny je nutné, aby kolena na odpadním a svodném potrubí měla úhel menší než 45°. Všechny bezpečnostní přelivy a odtoky z nádrží je třeba zabezpečit proti vniknutí vzdušné vody. (ČSN 75 6780, 2012)

Vnitřní kanalizace pro odvádění šedých vod musí být poplatná ČSN EN 12056 a ČSN 75 6760. ČSN EN 12056-2 č. IV. se zabývá odděleným systémem šedé a černé vody včetně odvětrávání. Potrubní rozvody provozní vody nesmí být spojováno s rozvody pitné vody. Provozní voda vzniklá úpravou šedé vody musí být označena nápisem „Nepitná voda“. (Šálek 2012)

## **7 Dešťová voda**

### **7.1 Přírodě blízké hospodaření s dešťovými vodami**

Přírodě blízké hospodaření s dešťovými vodami znamená v maximální možné míře napodobit přirozené odtokové charakteristiky lokality před urbanizací. Podstatou je srážkový odtok v místě jeho vzniku vracet do přirozeného koloběhu vody, podpora výparu, vsakování, pomalého odtoku, akumulace a užívání dešťové vody. Při hospodaření s dešťovými vodami je nutné důsledně oddělovat mírně znečištěné a silně znečištěné srážkové vody, kdy vody silně znečištěné je nutno čistit na čističce odpadních vod. Přírodě blízké hospodaření s dešťovými vodami má pro území mnoho ekologických i ekonomických přínosů, mezi které patří snížení hydraulického a látkového zatížení toků, obnova zásoby podzemních vod. Díky sníženému množství srážkových vod lze navrhovat menší profily stok a objemy dešťových nádrží. Zařízení na zadržení dešťové vody v terénu zároveň zvyšuje výpar a zlepšuje mikroklima a také jsou tato zařízení estetickým přínosem pro urbanizované území a v neposlední řadě se snižuje potřeba pitné vody. (Stránský a kol. 2007)

### **7.2 Využití dešťových vod**

Správně hospodařit s dešťovou vodou znamená využít vodu pro určité účely, odvést vodu přímo do odvodní stoky anebo nechat dešťovou vodu vsáknout na místě. Vsakování je možné a má smysl na propustných půdách, pokud je vhodný tvar pozemku a při nedostatku spodní vody. Náklady na vsakování dešťové vody jsou asi poloviční na rozdíl od stavebních nákladů na dešťovou kanalizaci. Pro návrh vsakovacího zařízení jsou důležité znalosti o míře znečištění srážkových povrchových vod a horninového prostředí, do kterého se budou zasakovat. „Smysluplné „zacházení s dešťovou vodou“ se vyznačuje právě souhrou jejího využívání a odvodu vsakováním.“ (Böse 1999, ČSN 75 9010, 2016)

**Obrázek č. 7.1 - Porovnání odtoku srážkových vod v přirozeném a urbanizovaném povodí**



Zdroj: Hlavínek a kol. 2007

Významným posunem v hospodaření s dešťovou vodou jsou normy - ČSN 75 90 10 Vsakovací zařízení srážkových vod (2012) a TNV 75 9011, která řeší hospodaření se srážkovými vodami (2013) a ČSN EN 16941-1 Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1, Zařízení pro využití srážkových vod (2018). Další krok k návratu dešťové vody do přirozeného koloběhu vody je ustanoven v zákoně č. 183/2006 Sb. Při vymezování nového stavebního pozemku musí být postupováno tak, aby bylo vyřešeno vsakování dešťové vody anebo její retence před tím, než bude svedena do vodního toku nebo kanalizace. Například Německo nebo Švýcarsko se problematikou hospodaření s dešťovými vodami zabývají delší dobu a jejich právní předpisy jsou více propracované a přísnější. V České republice jsou k myšlence využívání a hospodaření s dešťovou vodou nejvíce motivovány podnikatelské subjekty, které podle prováděcí vyhlášky č. 428/2001 Sb. k zákonu č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích musí platit za odvod dešťové vody. (Hlavínek a kol. 2007)

Srážkové vody můžeme využít v oblasti komunální a průmyslové. Do komunální oblasti řadíme zahradnictví a lesní školky, sady, parky, botanické a zoologické zahrady, hřbitovy, školy, administrativní zařízení, úřady, sportovní zařízení. Do oblasti průmyslové zařazujeme chlazení v uzavřeném okruhu, mytí motorových vozidel, vysokotlaké čištění, čištění stok atd. (Hlavínek & kol., 2007)



Výhodou dešťové vody je její měkkost, která je způsobena téměř nulovým obsahem vápníku a hořčíku, a proto je velmi vhodná na splachování toalet či praní prádla. Při praní prádla v dešťové vodě není zapotřebí změkčujících prostředků, zároveň nedochází k usazování vodního kamene a tím nedochází k zanášení pračky nebo toalety. Při činnostech, kdy člověk nedochází do přímého kontaktu s vodou, jako je například mytí, úklid, údržba, je vhodné používat vodu dešťovou. U těchto činností je používání kvalitní pitné vody neekonomické. (Böse 1999)

Další způsob využití srážkových vod jsou zelené střechy. Tento poměrně nový prvek se nejčastěji zřizuje na plochých nebo mírně sklonitých střechách. Zelené střechy mají výhradně retenční účinek. Extenzivní střecha je tvořena nenáročnými rostlinami, bez nutnosti o ně pečovat, intenzivní střecha je pochozí zahradou s možností pěstování trávy, květin a keřů. Stavba se dokonale začlení do životního prostředí a zároveň plní řadu dalších funkcí, mezi které patří poutání značné části dešťových srážek a tím zpomalení odtoku vody, srážkovou vodu filtrují, jsou zdrojem vody pro vegetaci a také je třeba připomenout, že předností tohoto způsobu řešení je klimatizační a estetický účinek. Průměrná roční přeměna energie čistého záření na evapotranspiraci je 81% a výsledné ochlazení 302 kWh/(m<sup>2</sup>/rok) s čistým zářením 372 kWh/(m<sup>2</sup>/rok). Nevýhodou jsou vysoké investiční náklady. Zelená střecha neplní jen funkci estetickou, ale i řadu dalších funkcí. Moderní koncept střechy ochrání dům před UV zářením, změnami klimatu, dále tlumí hluk, mění vlhkost vzduchu, nezatěžuje přírodu, naopak je v symbióze. (Šimečková, Večeřová 2010, Schmidt 2005)

### **7.3 Znečištění dešťových vod**

Srážkové vody bývají znečištěné látkami obsaženými v ovzduší. Znečištění ovzduší je ovlivněné emisními zdroji, meteorologickými podmínkami lokality a ročním obdobím, kdy se v zimním období topí. Z atmosférické depozice se dostávají do srážkové vody jemné částice, persistentní organické sloučeniny, těžké kovy. Z materiálů odvodňovaných ploch se mohou uvolňovat další látky, mezi které patří vápník, hliník, z kovových střech měď, zinek, kadmium a organické látky. Intenzivní vegetační střechy nejlépe zadržují znečištění, zde ovšem hrozí nebezpečí při hnojení. Je nutné dodržovat přesné dávkování hnojiva a nesmí být používány postřiky. (TNV 75 9011, 2013)

Na zachytávání dešťové vody také nejsou vhodné osinkocementové střechy, kovové střechy ze zinkového nebo měděného plechu nebo střechy kryté dehtovanou lepenkou. Dále nejsou vhodné záchytné plochy silně znečištěné například holubím trusem, výkaly a močí zvířat, které jsou zdrojem bakteriálního znečištění hlavně na chodnicích a cestách. Stejně tak nejsou vhodné plochy u hlavních dopravních komunikací. Toto bakteriální znečištění je zdrojem hlavně koliformních bakterií, streptokoků. (Böse 1999, Davies a Bulter 2004)

Na dopravních plochách a pozemních komunikacích pro motorová vozidla je znečištění způsobeno emisemi, únikem pohonných hmot, olejů, brzdové kapaliny, rozmrazovacích prostředků, zimní údržbou apod. K nejzávažnějším znečišťujícím látkám srážkových vod odtékajících ze silnic patří vzhledem k vysokým koncentracím nerozpuštěné látky, chloridy, těžké kovy zinek a měď a uhlovodíky a to v závislosti na hustotě dopravy. Obtížně předpověditelné je znečištění srážkové vody v případě ploch u skladišť a manipulačních ploch. Znečištění je nutné posuzovat individuálně, vzhledem ke značné variabilitě užívání. (TNV 75 9011, 2013)

## **7.4 Čištění dešťových vod**

Je doporučeno srážkové vody v závislosti na typu plochy předčistit s využitím jednoduchého mechanického předčištění filtračním zařízením, kalovou jímkou s nornou stěnou, odlučovačem lehkých kapalin nebo usazovací nádrží s nornou stěnou. U dešťových vod je většinou potřeba pouze jednoduché mechanické čištění, případně doplněné o hygienické zabezpečení. Pro čištění dešťových vod se používají svodové a podokapní filtry, interní filtrační vložky a externí filtrační šachty. (TNV 75 9011, 2013)

Pokud jsou dešťové svody doplněny filtračním sběračem, který zadržuje hrubší i jemnější nečistoty, je nutné počítat se ztrátou dešťové vody asi o 10%. Tuto skutečnost je třeba zohlednit při dimenzování zařízení. Pomocí vsakovacího systému koryta s rigolem je voda filtrována půdními vrstvami a tím je část biologických nečistot odbourána. Pokud jsou kladeny zvýšené požadavky na odstranění mikrobiálních zárodků lze vodu dodatečně sterilizovat UV zářením. (Böse 1999)

## **7.5 Skladování dešťových vod**

Je mnoho možností, jak uchovávat dešťovou vodu. Již ve starých sídlištích se nacházely zděné nádrže o velikosti 2 až 3 m<sup>3</sup> i větší. Nejčastěji byly nádrže skládány z betonových skruží nebo vyzdívány z cihel. V současnosti je nepřehledná nabídka zásobníků na dešťovou vodu vyráběných průmyslově. Pro porovnání, betonové cisterny jsou zpravidla tvořeny z prefabrikovaných šachtových nebo studničních skruží s utěsněnými spáry, kdy dolní prstenec cisterny je vyroben se dnem, nebo se prodávají v monolitickém provedení. Doprava a manipulace s betonovými cisternami je podmíněna těžkou technikou. Zato zásobníky z plastu jsou nabízeny v různých provedení, jsou lehčí a tím je manipulace s nimi méně náročná. Za nevýhodu lze oproti betonovým zásobníkům považovat jejich nižší pevnost a možnost vytlačení prázdné nádrže spodní vodou. (Böse 1999)

## **7.6 Specifické požadavky při zadržování dešťové vody**

Každý z nás může v zásadě bez povolení shromažďovat a používat dešťovou vodu spadlou na vlastní pozemek a zároveň smí pro tento účel instalovat a využívat, při dodržení příslušných norem a nařízení i potřebné zařízení. (Böse 1999)

Nádrž na dešťové vody musí být odvětrána potrubím, poklopem s otvory a i zde musí být všechny bezpečnostní přelivy a odtoky zabezpečeny proti vniknutí vzduché vody ze stokové sítě pomocí zpětné armatury. (ČSN 75 6780, 2012)

## **8 Spotřeba, potřeba, produkce vody, stanovení objemu nádrží**

Důležitým faktorem při navrhování zařízení pro využití šedé vody je správné dimenzování. Je třeba stanovit potřebu provozní vody, produkci vody šedé a tím dimenzování objemů akumulčních nádrží. (Šálek 2012)

### **8.1 Spotřeba vody**

Spotřeba provozní vody pro splachování záchodů v domácnostech je přibližně 30 % a v komerčních budovách se pohybuje kolem 60 %. (Šálek 2012)

Je třeba poznamenat, že podle použitých spotřebičů se liší množství spotřebované vody. Například u spořicích sprchových hlavic je spotřeba vody asi o polovinu nižší než u standartních sprchových hlavic. (prEN 16941-2, 2017, Dolečková 2018)

### **8.2 Potřeba vody**

Při plánování potřeby vody se podle dosavadní praxe vychází z potřeby vztažené k určitému minulému období, která pokračuje v přítomnosti a má návaznost na budoucnost s přihlédnutím na klimatické změny. Potřeba vody je množství vody příslušné kvality, které je nezbytné pro příslušný účel. Dělí se do čtyř hlavních skupin: veřejné zásobování pitnou vodou, zemědělství, průmysl a ostatní účely. Odběr vody pro veřejné zásobování pitnou vodou zahrnuje potřebu vody pro bytový fond. U bytů nepřipojených na vodovod se spotřeba pohybuje od 40 l na osobu a do 280 l na osobu a den pro byty s koupelnou a ústřední přípravou teplé vody. Dále se stanovuje potřeba vody pro občanskou a technickou vybavenost obce a to na základě velikosti obce. Občanskou vybaveností obce se rozumí školy, zdravotnická zařízení, úřady a služby, ale také hotely, nemocnice atd. Pod technickou vybaveností obcí si lze představit například zalévání zelených ploch nebo kropení ulic. Odběr vody pro zemědělství zahrnuje potřebu vody pro rostlinnou a živočišnou výrobu. Do odběru vody pro průmyslové účely se zahrnuje potřeba vody pro vlastní

provoz a potřebu pro pracovníky. Odběry pro ostatní účely jsou např. odběry pro rybníky.

V současné době neexistuje aktuální ucelená metodika pro výpočet potřeby vody. V roce 1973 byla vydána poslední ucelená metodika - Směrnice č. 9. Od doby jejího vydání již nebyl podobně komplexní materiál vydán. Aktualizované údaje lze najít ve vyhlášce č. 428/2001 Sb. v příloze č. 12 k provedení zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích, kde je možné usuzovat hodnotu specifické potřeby vody. Například pro ubytovny, kde jsou koupelny (sprchy), WC na chodbě je průměrná roční potřeba vody 15 m<sup>3</sup> na osobu. (Říha 2014, vyhláška č. 428/2001)

Roční potřeba provozní vody je denní potřeba provozní vody pro využití v budově, v litrech za jeden den, kromě vody na zalévání, vynásobená počtem dnů v roce, kdy se provozní voda využívá.

Potřeba vody pro splachování záchodových mís se spočítá splachovací objem v litrech krát počet použití záchodové mísy jednou osobou během dne. Pro výpočet se používají tabulky.

**Tabulka 8.1 – Splachovací objemy pro záchodové a pisoárové mísy**

Zařizovací předmět	Splachovací objem <sup>1)</sup>	
	$q_0$ (l)	
	Velké spláchnutí	Malé spláchnutí
Záchodová mísa	4	2
	4,5	3
	6 <sup>2)</sup>	3 <sup>2)</sup>
	8	--
	9 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>
	10 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>
Pisoárová mísa bez odsávání	0,75 až 1,5 <sup>3)</sup>	--
Pisoárová mísa s odsáváním	2 až 4	--
1) Splachovací objem se uvažuje přednostně podle konkrétního typu navrženého splachovače. 2) Nejčastěji používané splachovací objemy. 3) Podle ČSN 75 6760 nejméně 1,5 l.		

Zdroj: ČSN 75 6780, 2012

### 8.3 Produkce vody

Produkce šedé vody v domácnostech činí asi 55% a v komerčních budovách je počítáno s produkcí kolem 27%. S přihlédnutím na místo jejich vzniku se produkce šedé vody pohybuje od 57 do 111 litrů za den. (Šálek 2012)

Existují tři metody pro stanovení průměrné denní produkce šedé vody. Jedním ze způsobů je samotné měření objemu šedých vody, které je většinou těžko proveditelné a proto se dává přednost výpočtu. Výpočet je možný dvěma způsoby, kdy záleží na tom, jaké údaje o produkci šedé vody jsou známy.

#### 8.3.1 První metoda stanovení průměrné denní produkce šedé vody

Objem vyprodukované šedé vody v litrech za den se stanoví podle vztahu

$$Q_{prod} = \sum_{i=1}^m q_{prod,i} \cdot n_{mj,i}$$

kde:

$q_{prod}$  je produkce šedé vody na měrnou jednotku a den, v l/den, viz tabulka 8.2,

$n_{mj}$  počet měrných jednotek stejného druhu viz tabulka 8.2,

$m$  počet druhů měrných jednotek.

**Tabulka 8.2 – Produkce šedé vody v různých budovách**

Druh budovy	Vybavení	Produkce šedé vody	
		Měrná jednotka	Produkce šedé vody na měrnou jednotku a den (l/den)
Bytový dům, rodinný dům	Koupelny	obyvatel	31
	Kuchyně	obyvatel	11
	Praní	obyvatel	15
Internát	Sprchy, koupelny	lůžko	90
Hotel	Koupelny se sprchou	lůžko	90
	Koupelny s vanou	lůžko	150 <sup>1)</sup>
	Prádelna	lůžko	14
Administrativní budova	Umyvadla	osoba	12
	Čajové kuchyňky	osoba	5
	Sprchy	osoba	2 <sup>2)</sup>
Maloobchodní prodejny - personál	Umyvadla	osoba	12
	Sprchy	osoba	2 <sup>2)</sup>
Maloobchodní prodejny – zákazníci (návštěvníci)	Umyvadla	osoba	3 <sup>3)</sup>
1) Nutno uvážit, zda nebudou vany používány jako sprchy. 2) Příležitostné sprchy. 3) Pokud jsou v budově záchody pro zákazníky.			

Zdroj: ČSN 75 6780, 2012

Pokud není známa produkce šedé vody na měrnou jednotku a den v litrech za den, může se stanovit podle vztahu

$$q_{prod} = \sum_{i=1}^j q_{\varepsilon,i} \cdot n_{\varepsilon}$$

kde:

$q_c$  je produkce šedé vody pro příslušnou činnost, v l, podle tabulky 8.3,

$n_c$  počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne,

$j$  počet druhů činností prováděných během dne.

**Tabulka 8.3 – Produkce šedé vody podle činností**

Druh činnosti	Produkce šedé vody pro příslušnou činnost (l)
Mytí rukou	3 <sup>1)</sup>
Mytí těla v umyvadle	15
Sprchování (běžná sprcha)	40 až 50 <sup>1)</sup>
Koupelel ve vaně	120
1) Platí pro běžné výtokové armatury. U výtokových armatur se samočinným uzavíráním se produkce šedé vody může stanovit podle počtu otevření při jedné činnosti, průtoku výtokovou armaturou (uvádí výrobce) a doby výtoku po jednom otevření.	

Zdroj: ČSN 75 6780, 2012

### 8.3.2 Druhá metoda stanovení průměrné denní produkce šedé vody

Druhou metodou jak stanovit objem vyprodukované šedé vody v litrech za den je

$$Q_{prod} = \frac{N}{100} \cdot Q_p$$

kde:

$N$  je část z celkové denní produkce odpadních vod, kterou tvoří šedá voda (%),

$Q_p$  celková denní produkce odpadních vod, v litrech.

Pro návrh je důležité určení maximální denní produkce šedé vody, která se stanoví vynásobením průměrné denní produkce šedé vody součinitelem denní nerovnoměrnosti dle místních podmínek. Z místních podmínek také vychází stanovení maximální hodinové produkce šedé vody. (Plotěný 2013)

### 8.3.3 Stanovení zisku dešťové vody

Pro stanovení ročního zisku dešťové vody je nutné znát dlouhodobý srážkový normál pro dané území, plochu a druh střechy. Stanovení zisku dešťové vody se získá ze vztahu

$$V_d = A \cdot \psi_d \cdot h_r \cdot \eta$$

kde:

$A$  je půdorysný průmět odvodňované plochy, popř. v m<sup>2</sup>,

$\psi_d$  součinitel využití dešťové vody (viz tabulka 8.4,



$h_r$  průměrný roční úhrn srážek, v mm, viz tabulka 8.5,

$\eta$  hydraulická účinnost filtru (podle údajů výrobce nebo přibližně  $\eta = 0,9$  až  $0,95$ ).

**Tabulka 8.4 - Součinitel využití dešťové vody  $\psi_d$**

Druh střechy	Součinitel využití dešťové vody $\psi_d$
Střecha s propustnou horní vrstvou (vegetační střecha)	0,3
Střecha s vrstvou kačírku	0,6
Střecha s nepropustnou horní vrstvou	0,8

Zdroj: ČSN 75 6780, 2012

**Tabulka 8.5 – Dlouhodobý srážkový normál v České republice 1961-1990 (mm)**

Kraj	Dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm]
Česká republika	674
Praha a Středočeský	590
Jihočeský	659
Plzeňský	656
Karlovarský	673
Ústecký	612
Liberecký	860
Královéhradecký	774
Pardubický	711
Vysočina	644
Jihomoravský	543
Olomoucký	732
Zlínský	786
Moravskoslezský	816

Zdroj: ČSN 75 6780, 2012

## 8.4 Stanovení objemu nádrží

Zadržení šedé vody by nemělo být delší než jeden den, proto je nutné navrhnout objem nádrže na denní potřebu provozní vody. Při stanovení objemu nádrže na dešťovou vodu se bere v úvahu, že zalévání, kropení a úklid se nemusí provádět každý den, a tak se stanovuje na potřebu provozní vody na 14 až 21 dní. (Plotěný 2013)

## 9 Metodika

Základní teoretická část literární rešerše vychází z dostupné literatury, technických norem, odborných článků a internetových zdrojů, kde lze získat velké množství informací o problematice dešťových a šedých vod, o jejich zadržování, vsakování, skladování, znečištění, čištění a další.

Při řešení praktické části práce byly potřebné informace a data získány na základě povolení ředitele věznice a od vedení oddělení logistiky. Jednalo se hlavně o plány objektů včetně zakreslení rozvodů kanalizace, dešťových vpustí, svodů, obsazenost ubytovny, celkovou spotřebu vody a vnitřní řád věznice, časový rozvrh dne, dobu určenou pro sprchování. Z těchto dat byly spočítány údaje o potřebě provozní vody a produkci šedé vody v závislosti na provozním řádu věznice. Praktická část bakalářské práce se dále zabývá návrhem pro hospodaření s odpadní vodou v jedné z ubytoven věznice. Pro ubytovnu byly navrženy dvě varianty nakládání s dešťovou a šedou vodou.

První část je věnována propočtu objemu dešťových srážek spadlých na střechu budovy ubytovny a vypracování řešení pro splachování toalet touto vodou. V druhé části je navrženo rozdělení jednotného kanalizačního systému a následné využití šedých vod na splachování. Praktická část práce je zakončena ekonomickou rozvahou, která ukazuje na návratnost celé realizace. V závěru byly porovnány navrhované varianty ve formě ekonomické rozvahy, včetně vyhodnocení dostupnosti daného řešení a porovnání spotřeby vody s přihlédnutím na bezpečnostní rizika a charakter daného objektu.

## 10 Řešení hospodaření s šedými a dešťovými vodami pro ubytovnu Věznice Pardubice

Obrázek č. 10.1 – Situační plánec objektu Věznice Pardubice



Zdroj: [geoportal.cuzk.cz](http://geoportal.cuzk.cz)

### 10.1 Představení lokality

V roce 1888 byl dán souhlas na českém zemském sněmu o zřízení pardubické donucovací pracovny pro 400 káránců. Následující rok byla zahájena její stavba. Poslední rozsáhlá přestavba se v pardubické věznici uskutečnila v roce 1960, kdy byla postavena ubytovna s tehdejší kapacitou 400 odsouzených. Od roku 1952 do 2004 byla pardubická věznice ryze ženskou věznicí. V současné době si zde odpykává trest kolem 700 odsouzených mužů, zařazených do typu věznice s ostrahou středního a vysokého stupně. (Kalábová a Kaláb 2005)

Vězeňský komplex o výměře 49 204 m<sup>2</sup> je zasazen do obytné části Pardubic. Nacházejí se zde budovy ubytoven, kuchyň s jídelnou, administrativní budovy, sklady, výrobní haly a zázemí pro dozorce a ostrahu. V komplexu věznice je mnoho

zpevněných ploch, chodníky pro zaměstnance, seřadiště, silnice pro odsouzené a zásobování, dvě hřiště s umělým povrchem a vycházkové dvory. Areál věznice je tvořen převážně zastavěnou a zpevněnou plochou, zeleň tvoří nepatrnou část rozlohy areálu.

Za rok 2018 činila celková spotřeba vody ve věznici 71335 m<sup>3</sup>, z toho 6023 m<sup>3</sup> vody spotřebovali nájemci, firmy, které mají v pronájmu haly, kde zaměstnávají odsouzené muže. Poplatek podle zákona 274/2001 Sb. za odvod dešťové vody ze zpevněných ploch je věznici vyčíslen na částku přibližně 100 000,- Kč za měsíc.

Z důvodu zachování plynulosti chodu věznice, dodržení bezpečnostních nařízení a z důvodu absence vhodného prostoru není možné vybrat pro hospodaření s dešťovou vodou variantu zasakování. Stejně tak nejsou vhodné zelené fasády, které by poskytovaly možnost úkrytu nepovolených předmětů. Z těchto důvodů byly v rámci projektu hospodaření s dešťovou a šedou vodou zvoleny dvě varianty. Jednou z nich je recyklace šedé vody a její využití na splachování toalet a druhou variantou je pro stejný účel využití vody dešťové.

Pro tento projekt byla vybrána jedna z ubytoven s kapacitou 300 vězňů. Ubytovna o třech poschodích má plochou střechu, na kterou byla použita živičná krytina z modifikovaných pásů. Tři svody dešťové vody jsou vedeny středem budovy, kde ústí do jednotného kanalizačního systému. Na každém patře se nacházejí ložnice odsouzených, společenská a sportovní místnost, kuřárna, sklad, úklidová místnost, kanceláře vychovatelů a dozorců a sociální zařízení pro odsouzené a zaměstnance. Sociální zařízení pro odsouzené sčítá 5 toalet, 6 pisoárů, 7 sprch, 4 umyvadla a mycí koryta s 16 vodovodními kohouty. Zaměstnanci mají k dispozici na každém patře jednu toaletu s umyvadlem. Na ubytovně jsou typy toalet, které nemají možnost fázového splachování, proto byly splachovací objemy záchodových mís stanoveny na 8 litrů za spláchnutí a pisoárů 2 litry za spláchnutí.

Na jednotlivých ubytovnách je dle vnitřního řádu věznice stanovena doba určená pro sprchování odsouzených. Pro vybranou ubytovnu se sprchování, kdy teče teplá voda, omezuje na čtyři dny v týdnu. V úterý a čtvrtek od 18.00 do 20.30 hodin,

v sobotu a neděli od 16.00 do 20.30 hodin. Z tohoto důvodu nebylo možné postupovat při výpočtu spotřeby podle vyhlášky č. 428/2001, přílohy č. 12, kde je průměrná roční potřeba vody pro ubytovny s koupelnou (sprchou), WC na chodbě stanovena na 15 m<sup>3</sup> na osobu.

## 10.2 Produkce a specifická potřeba šedé vody v daném objektu

Pro realizaci návrhu je třeba stanovit produkci a specifickou potřebu šedé vody. Na ubytovně jsou sprchy nejvíce využívány čtyřikrát v týdnu po dobu maximálně 4,5 hodiny, z důvodu tekoucí teplé vody. Separovaná šedá voda bude odebírána ze sprch, umyvadel a mycích koryt a po jejím vyčištění bude zpětně rozváděna po celé ubytovně ke splachování toalet.

### 10.2.1 Stanovení produkce šedé vody

Hodnota produkce šedé vody byla určena na základě vzorce z normy ČSN 75 6780. Při výpočtech stanovení produkce šedé vody bylo počítáno s obsazeností 300 odsouzených a 10 zaměstnanců. Při výpočtu bylo pracováno s faktem, že si každý umyje ruce minimálně po každém použití toalety a zároveň byla zohledněna doba určená pro sprchování dle vnitřního řádu. Při výpočtu produkce šedé vody při mytí těla v umyvadle bylo uvažováno o nízkých hygienických návycích odsouzených, tím byl ponížěn počet odsouzených a zároveň ponížěn počet mytí, na třikrát týdně. U zaměstnanců byl naopak navýšen počet mytí rukou, důvodem jsou zdravotní rizika. Produkce šedé vody jen z mytí rukou tedy v tomto případě činí 6 000 litrů za den.

$$q_{prod} = \sum_{i=1}^j q_{\zeta,i} \cdot n_{\zeta}$$

kde:

$q_{\zeta}$  produkce šedé vody pro příslušnou činnost (l)

$n_{\zeta}$  počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne

$j$  počet druhů činnosti prováděných během dne

**Tabulka 10.1 – Produkce šedé vody podle činností**

Druh činnosti	Produkce šedé vody pro příslušnou činnost	Počet činností stejného druhu	Podíl denní produkce vod	Denní množství vyprodukované šedé vody (l)
	$q_{\xi}$ (l)	$n_{\xi}$		$Q_{\text{prod}}$
Mytí rukou odsouzení	3	1800	1	5 400
Mytí těla v umyvadle	15	100	0,43	645
Sprchování odsouzení	30	300	0,57	5 130
Mytí rukou zaměstnanci	3	200	1	600
<b>CELKEM</b>				<b>11 775</b>

Při výpočtu podílu denní produkce šedé vody na sprchování a mytí těla v umyvadle bylo zohledněno omezení možnosti sprchování na 4 krát v týdnu, což odpovídá koeficientu 0,57 a při mytí těla v umyvadle 3 krát v týdnu je koeficient 0,43.

### 10.2.2 Stanovení specifické potřeba vody pro splachování

Při stanovení specifické potřeby vody na splachování bylo uvažováno, že během dne bude toaleta využita 300 odsouzenými jednou a pisoár pětkrát za den a 10 zaměstnanci, kteří budou využívat toaletu v průměru šestkrát za den.

$$Q_{wc} = q_o \cdot p \cdot n$$

kde:

$q_o$  splachovací objem podle navržených splachovačů nebo orientačně dle tabulky (l),

$p$  počet použití jednou osobou během dne ( $n \times$  (osoba  $\times$  den)),

$n$  počet měrných jednotek (počet osob, obyvatel, lůžek).

**Tabulka 10.2 – Stanovení specifické potřeby vody na splachování na den**

	Splachovací objem (l)	Počet použití během dne	Počet měrných jednotek	Potřeba provozní vody (l)
	$q_o$ (l)	p	n	$Q_{wc}$ (l)
WC odsouzení	8	1	300	2 400
Pisoáry odsouzení	2	4	300	2 400
WC zaměstnanci	8	6	10	480
<b>CELKEM</b>				<b>5 280</b>

Při porovnání denní produkce s denní potřebou vody je zřejmé, že produkce šedé vody převyšuje o více než 6 000 litrů potřebu provozní vody. S přebytkem šedé vody není počítáno k dalšímu využití, bude odtékat bezpečnostním přepadem do kanalizace.

### 10.3 Návrh na hospodaření s šedou vodou

Prvním návrhem na hospodaření s šedou vodou je recyklace vody ze sprch a umyvadel, která bude následně sváděna do akumulární nádrže, kde bude docházet k jejímu zadržení s následným čištěním a poté bude zpět rozváděna do celé ubytovny ke splachování toalet.

Pro realizaci návrhu je třeba stanovit produkci a specifickou potřebu šedé vody a navrhnout velikost akumulární nádrže, technologii čištění, vnitřní kanalizaci na šedé vody a vnitřní vodovod provozní vody.

#### 10.3.1 Dimenzování nádrže na šedé vody

Nádrž pro šedou vodu se má podle BS 8525-1 dimenzovat na denní potřebu provozní vody. Zjednodušené dimenzování tedy spočívá ve stanovení potřeby provozní vody, produkce šedé vody, dimenzování objemů akumulární nádrže šedé nebo provozní vody a posouzení využití šedé vody. (Plotěný 2019)

Na základě výpočtu potřeby provozní vody, která činí 5 280 litrů je potřeba dimenzovat čistírnu šedých vod na tuto kapacitu nebo vyšší, aby byla pokryta potřeba provozní vody.

Maximální denní produkce šedé vody činí 11 775 litrů. Provozní voda v objektu ubytovny bude z hygienických důvodů využita pouze na splachování toalet. Přebytek šedé vody nebude dále využíván a bude bezpečnostním přepadem odtékat do kanalizace.

### **10.3.2 Řešení návrhu pro hospodaření s šedými vodami**

Šedá voda bude odváděna do úpravny vody, následně do retenční nádrže s bezpečnostním přepadem, který je v případě havárie napojen na splaškovou kanalizaci, odkud bude nově vybudovaným vnitřním vodovodem pomocí čerpadla rozváděna jako provozní voda do splachovacích nádržek toalet. Systém je možné v případě nedostatku šedé vody doplňovat vodou pitnou. (ASIO, 2019)

### **10.3.3 Investiční náklady**

Investiční náklady pro projekt recyklace šedých vod v budově ubytovny odsouzených jsou vyčísleny z nově navržených rozvodů vnitřní kanalizace a vnitřního vodovodu pro rozvod nepitné vody včetně spojovacího materiálu dle aktuální ceníku roku 2019 firmy AquaTOP schop na částku 30 000,- Kč. Cena 100 metrů rozvodů nepitné vody z polypropylenových trubek se pohybuje okolo 10 000,- Kč a cena 100 m odpadních trubek vnitřní kanalizace je 15 000,- Kč. Cena úpravny šedých vod od firmy ASIO TECH, spol. s r.o. byla stanovena odborným konzultantem této firmy, ceník není volně přístupný na internetu. Cena za technologie AS-GW/AQUALOOP 108 činí 680 000,- Kč, za 3 kusy RAINMASTER FAVORIT 40 SC 166 000,- Kč a za sekundární hygienické zabezpečení je to částka 49 000,- Kč. Jedná se o 2 nadzemní nádrže o průměru 2300 mm výšky 1700 mm. Technologie vyčistí 5,4 m<sup>3</sup> za den. Součástí ceny není zpracování samostatné dokumentace, které činí 30 000,-. Dále je do projektu třeba započítat náklady na dopravu včetně složení na stavbě, stavební práce, stavební připravenost a uvedení do provozu. Odhadem byly tyto práce stanoveny na částku



60 % z celkové ceny projektu. Přibližné úhrnné náklady jsou vyčísleny na částku 1 523 000,- Kč bez DPH.

#### **10.3.4 Ekonomická rozvaha**

Cena za vodné a stočné byla zjištěna na internetových stránkách Vodovodů a kanalizací Pardubice a.s. Vodné za rok 2019 je stanovené na částku 38,90 Kč a stočné 42,30 Kč bez DPH za jeden m<sup>3</sup>. Při využití šedé vody ze sprch a umyvadel se výdaje na vodném sníží o 74 968,- Kč za rok. Na stočném se ušetří 81 520,- Kč za rok a tím se celkem ušetří asi 156 488,- Kč za rok.

Návratnost investice při využití šedé vody ke splachování toalet se bude pohybovat okolo necelých 10 let. Při výpočtu se nezohledňuje zvyšování ceny pitné vody, které celkovou dobu návratnosti sníží.

### **10.4 Návrh na hospodaření s dešťovou vodou**

Druhou variantou je hospodaření s dešťovou vodou. Dešťová voda bude zachycována ze střechy bytovny do retenční nádrže s bezpečnostním přelivem do kanalizace a následně využita ke splachování toalet.

#### **10.4.1 Měsíční srážkové úhrny**

Pro návrh na využití dešťové vody na splachování toalet je potřeba znát měsíční srážkové úhrny a objemy srážek, které spadnou na střechu budovy v jednotlivých měsících. Na základě údajů z ČHMÚ meteostanice Pardubice – Popkovice byly zjištěny průměrné měsíční úhrny srážek za rok 1996 až 2018 v Pardubicích a následně vypočten objem srážek spadlých na budovu bytovny. Ve výpočtu průměrných měsíčních úhrnů dešťových srážek spadlých na střechy bytoven bylo počítáno se součinitelem využití dešťové vody, který činí 0,8 na střechu s nepropustnou horní vrstvou.

**Tabulka 10.3 - Roční objem srážek spadlých na budovu**

		I. ubytovna o rozloha 895 m <sup>2</sup>		II. ubytovna o rozloha 635 m <sup>2</sup>	
Měsíc	Měsíční úhrn srážek Pardubice (mm)	Objem srážek spadlých na budovu (m <sup>3</sup> )	Průměrný denní objem srážek (l)	Objem srážek spadlých na budovu (m <sup>3</sup> )	Průměrný denní objem srážek (l)
leden	32	28,64	924	20,32	655
únor	26	23,27	831	16,51	590
březen	34	30,43	982	21,59	696
duben	28	25,06	835	17,78	593
květen	29	25,81	833	18,41	571
červen	60	53,70	1 790	38,10	1 270
červenec	75	67,12	2 165	47,63	1 536
srpen	59	52,81	1 704	37,46	1 208
září	44	39,38	1 313	27,94	931
říjen	32	28,64	924	20,32	655
listopad	30	26,85	895	19,10	637
prosinec	31	27,74	895	19,68	635
	Roční úhrn srážek (mm)	Roční objem srážek (m <sup>3</sup> )	Průměrný denní objem srážek/ rok (l)	Roční objem srážek (m <sup>3</sup> )	Průměrný denní objem srážek/ rok (l)
	510	456,45	1 251	304,78	823
Součinitel 0,8		365,16	1 001	243,82	658

Zdroj: ČHMÚ 2019

#### 10.4.2 Návrh systému pro akumulaci srážkových vod

Pro výpočet velikosti zásobníku na akumulaci srážkových vod je důležitá optimalizace s ohledem na základní parametry, mezi které patří uvažovaná spotřeba vody, srážkové poměry v daném regionu, velikost jímací plochy, ekonomické hledisko, kdy je sledován poměr mezi pořizovacími náklady a úsporou pitné vody. Cílem je navrhnout objem zásobníku tak, aby bylo dosaženo co nejvyššího stupně krytí dodávky užitkové vody při co nejmenších nákladech. (Hlavínek a kol 2007)

Průměrný denní objem srážek z první ubytovny o rozloze 895 m<sup>2</sup> nepokryje potřeby provozní vody. Ke zcela vyváženému vztahu v tomto návrhu chybí 4 279 litrů vody denně. Proto bylo přistoupeno k možnosti zadržování dešťové vody i z přilehlé budovy o ploše střechy 635 m<sup>2</sup>. Ani tato varianta nepokryje potřeby

provozní vody. K vyváženému vztahu chybí 3 621 litrů vody za den. Zde se nabízí možnost dopouštění pitnou vodou. I při takto velkém deficitu by roční úspora pitné vody činila 605 535 litrů vody.

V případě ubytovny o rozloze střechy 895 m<sup>2</sup> a následně vybrané přilehlé ubytovny o rozloze 635 m<sup>2</sup> byl navrhnout zásobník o objemu 4 000 litrů na denní objem srážek spadlých na střechy ubytoven. Systém bude z důvodu nedostatku dešťové vody doplňován vodou pitnou. Součástí zařízení je bezpečnostní přepad.

### **10.4.3 Investiční návrh**

Do vstupních investic bylo pro tuto variantu započítáno pořízení samonosné nádrže včetně filtru a čerpadla pro rozvod provozní vody do splachovacích nádržek toalet, rozvody nepitné vody a vnitřní kanalizace. Nádrž bude umístěna do suterénu budovy. Objem nádrže byl stanoven dle maximálního objemu denních dešťových srážek vody na 4 000 litrů.

Cena potrubí je určena dle aktuálního ceníku roku 2019 firmy AquaTOPschop. Pro rozvody nepitné vody bude potřeba 100 m trubek z polypropylenu celkem za 10 000,- Kč a na vnitřní kanalizaci se spotřebuje při využití dešťové vody z první ubytovny přibližně 95 m odpadních trubek a z druhé ubytovny dalších 120 m odpadních trubek. Cena rozvodů včetně spojovacího materiálu byla stanovena celkem na částku 27 000,- Kč. Cena retenční nádrže včetně filtru a čerpadla od firmy ASIO TECH, spol. s r.o. byla stanovena na 52 500,- Kč. Součástí ceny není zpracování samostatné dokumentace, které činí 30 000,-. Při výpočtu stavebních a montážních prací opět vycházím z předpokladu, že se náklady na práci pohybují okolo 60%, což činí 71 700,- Kč. Celkové náklady na pořízení systému pro hospodaření s dešťovými vodami včetně stavebních, montážních prací, dopravy a elektrického zapojení byly vyčísleny na částku 191 200,- Kč.

Do celkových nákladů nejsou započítány náklady na výkopové práce, ty budou zajišťovány odsouzenými v rámci prací bez odměn. Náklady na výkopové práce se pohybují v průměru 300,- za běžný metr. Při výkopu o délce 100 m by se ušetřilo 30 000,- Kč.

#### **10.4.4 Ekonomická rozvaha**

Náklady na vodné a stočného na splachování při současné ceně, činí za rok přibližně 156 488,- Kč. Při využití dešťové vody z obou střech ubytoven se výdaje na vodném sníží o 23 556,- Kč za rok. Na stočném se ušetří 25 724,- Kč za rok a tím bude celková úspora činit 49 280,- Kč za rok.

Návratnost investice při využití dešťové vody ke splachování toalet se bude pohybovat okolo necelých 4 let. Výpočet nezohledňuje zvyšování ceny pitné vody, které celkovou dobu návratnosti sníží.

## 11 Diskuze

V České republice je hospodaření s dešťovými a šedými vodami rozšířené teprve posledních pár let a má mnoho opodstatnění. Hlavním cílem je snaha co nejvíce se přiblížit přírodnímu cyklu koloběhu vody a také úspora pitné vody.

Problém ve využití dešťové vody spatřuji hlavně ve městech, kde není dostatek místa pro retenci nebo infiltraci dešťové vody. Důvodem je velké množství zpevněných a nepropustných ploch. I přesto se dá najít řešení v podobě zelených střech, jak uvádí ve své knize Šimečková J. a Večeřová I., 2010. Další možností může být vybudování zelených fasád nebo zatravnovacích dlažby. Stránský a kol., 2007 poukazuje na možnost použití stavebně-technických opatření, jako jsou propustné povrchy porézních chodníků. I když se některá řešení mohou zdát jednoduchá, tak realizačně jsou velmi nákladná a někdy i těžce proveditelná z důvodu různých omezení nebo bezpečnostních opatření.

Pro můj případ je vybudování zelených fasád nevhodné z důvodu zachování bezpečnosti. Fasády by mohly být zneužity pro uschovávání nepovolených předmětů. Řešení zelených střech je ve vězeňství vhodnější způsob, jak zadržet srážkovou vodu. Intenzivní zelené střechy by mohly být využity v rámci terapií, kdy by se odsouzení zapojili do jejich údržby a péče. Zelené střechy by také mohly sloužit jako vycházkové dvory. Zde nastává problém se zajištěním objektu střechy bezpečnostními prvky, které jsou stejně tak jako samotné vybudování zelené střechy finančně náročné. Snadnější způsob, jak zadržet dešťovou vodu, je snížení obrubníků mezi chodníkem a zelení, čímž se podpoří přirozený však do okolních travnatých pásů. V neposlední řadě je vhodným řešením využití dešťových vod ze střech budov ke splachování toalet.

Nová dotační výzva číslo 119 OPŽP tak zvaná „Velká dešťovka“ se zaměřuje na správné hospodaření s dešťovou vodou v obcích a městech. Mezi oprávněné žadatele o dotaci patří kraje a obce, ale také například státní podniky, školy, školská zařízení a organizační složky státu. Zde vidím možnost, jak získat část finančních prostředků.

Myslím si, že se zavedením těchto systémů se bude uvažovat z ekologického hlediska spíše u novostaveb, a hlavně pro úsporu pitné vody budou zřizovány u budov s vysokou produkcí a spotřebou provozní vody, jako jsou například hotely, koleje, nemocnice nebo bazény. Zde je předpoklad vyšší návratnosti vložených vstupních investic pro vybudování systému na využití šedých vod. A právě z důvodu velké produkce šedých vod je věznice vhodná pro řešení znovu využití šedých vod pro potřeby splachování toalet. Další výhodou je její celoroční provoz, kdy nemůže z důvodu dlouhodobého vyschnutí dojít k poškození systému.

Základní problém v hospodaření se šedou vodou vidím v malé informovanosti veřejnosti a v neucelené legislativě. Zatím existuje pouze norma ČSN 75 6780 o využívání šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích z roku 2012 a dále je ve fázi návrhu norma EN 16941-2 Systémy pro použité ošetřené šedé vody, která byla v září 2017 přeložena členům CEN k šetření.

Znovu využití šedé vody se u veřejnosti nesetkává s pozitivními reakcemi. Veřejnost prozatím není připravena a ani motivovaná k hospodaření s šedými vodami. Dalším důvodem, proč jsou šedé vody využívány méně než vody dešťové, je cena technologií, nutnost zavedení nového rozvodu vody, z důvodu zabránění kontaminace pitné vody s vodou užitkovou a rozvodu kanalizace. Dále musí být do vhodných prostor nainstalována úpravna vody pro její vyčištění a hygienické zabezpečení. A právě hygienické zabezpečení šedé vody je v zásadě největším problémem, proč je dosud tak minimální zájem o její hospodaření. Myslím si, že hlavním důvodem nedůvěry v tento systém je strach veřejnosti z nemocí, zápachu a přímého kontaktu se šedou vodou.

V roce 2012 byl sepsán hygienický koreferát Šedé vody z pohledu hygienika MUDr. Františka Kožíška, CSc. a legislativy pro časopis oboru vodovodů a kanalizací SOVAK. Tento koreferát souhrnně popisuje problémy s hygienickým zabezpečením šedých vod a popisuje nákazy, epidemie z jejich nedostatečného zabezpečení. Z toho důvodu možného fekálního znečištění nelze na šedé vody nahlížet jen jako na mírně znečištěné a zdravotně nezávadné. Velmi důležitá je její dezinfekce a snížení organického zatížení pro minimalizování šíření mikroorganismů a zdrojů zápachu. I přes toto konstatování si myslím, že je strach veřejnosti z využívání šedých vod

při dodržování postupů a doporučených norem neopodstatněný a to hlavně v případě využití přečištěné vody na splachování toalet, kde nedochází k přímému kontaktu člověka s touto vodou.

## 12 Závěr

V rešeršní části bakalářské práce je popsána základní role vody, její koloběh na Zemi, funkce a jedna část je zaměřena na spotřebu vody. Cíle práce, kterými je poukázání na možnost využití dešťových a šedých vod jako alternativy pitné vody, popsání možností zadržování, znečištění, následné úpravy a návrhy řešení pro využívání těchto vod v budovách, jsou splněny v kapitolách 5 až 7. Další část bakalářské práce je zaměřena na důležité faktory pro správné dimenzování, kterými je potřeba vody, produkce vody šedé vody a stanovení zisku dešťové vody.

Mojí snahou bylo prostřednictvím této bakalářské práce popsat nejen možnosti využití dešťových a šedých vod, ale také poukázat na výhody a nevýhody těchto systémů. Výhodou je bezesporu úspora pitné vody tam, kde jí přímo není potřeba. Nevýhody spatřuji ve vysokých pořizovacích nákladech za technologie a v samotné realizaci ve stávající zástavbě, která je mnohdy těžce proveditelná. V praxi již existuje celá řada objektů, kde by se již dnes vyplatilo oddělit šedé vody a použít je jako užitkovou vodu. Nejlepších ekonomických parametrů se dosahuje tam, kde je relativně větší produkce a zejména větší spotřeba vody. Firma ASIO TECH, spol. s r.o. posuzovala řadu objektů nejen po stránce recyklace vod, ale také po stránce využití tepla z těchto vod. Návratnost vložených investic se pohybovala od 4 do 10 let. Z důvodu vyšších nákladů na dodatečná opatření jsou již u existujících objektů projekty na oddělení šedých vod méně zajímavé, ale u nových objektů by mělo být oddělené odvádění šedých vod u veřejných budov samozřejmostí. (Plotěný 2019)

Ekonomické hodnocení řešení hospodaření s dešťovými a šedými vodami bylo provedeno ve dvou návrzích. Prvním návrhem byla varianta splachování toalet dešťovou vodou v jedné z ubytoven věznice, kde byla srážková voda sváděna do retenční nádrže a následně po jejím předčištění využita ke splachování toalet. Z důvodu nepokrytí potřeby vody z dešťových srážek bylo přistoupeno k doplňování nádrží pitnou vodou. Investiční návratnost u této varianty je 6,5 let. V návrhu byla také varianta odvodu dešťové vody i z vedlejší přilehlé budovy. Návratnost investice této varianty činí necelé 4 roky.

Druhým návrhem bylo hospodaření s šedou vodou. Navržený systém odvádí šedou vodu ze sprch a umyvadel a následně po jejím přečištění a úpravě je tato



provozní voda využita na splachování toalet. K zaplacení investice by dle výpočtů došlo přibližně za 10 let, což je velmi přijatelná doba. Nevýhodou jsou velmi drahé retenční nádrže, které tvoří významnou část investičních nákladů.

Obě varianty mají své výhody i nevýhody. Při realizaci každé z nich je nutné si uvědomit, co je hlavní prioritou a podle toho zvolit nejvhodnější variantu. První varianta se může zdát výhodnější, i přes nutnost doplňování pitnou vodou je levnější o 1 331 800,- Kč. Z důvodu poklesu objemu dešťových srážek se přikláním k druhé variantě, kdy je produkce šedé vody celoročně stabilní. Zachycená dešťová voda by mohla být využita na zalévání nebo mytí služebních aut. Další variantou je její vyvedení podzemní šachtou před zeď věznice, kde by byla odebírána Technickými službami města Pardubic k zalévání nebo čištění komunikací.

Pardubická věznice je v provozu více než 130 let a je předpoklad, že s jejím fungováním lze počítat i do budoucna. Dle mého názoru je investice do systémů hospodaření s dešťovou a šedou vodou i přes delší dobu návratnosti nezbytná, a to jak s ohledem na ochranu životního prostředí, tak i z důvodu úspory ve státním rozpočtu.

Rámcové nástroje hospodaření s dešťovými vodami mají za cíl vytvoření právního prostředí s jasně a závazně formulovanými kritérii. Mezi motivační nástroje se řadí ekonomická opatření, vzdělávací a osvětové aspekty, zpoplatnění odvádění srážkových vod. (Stránský a kol. 2007)

Názorem většiny autorů odborné literatury zabývající se tímto tématem je, že by měl být zaveden poplatek za odvod dešťových vod do kanalizace plošně pro všechny, protože jinak nebude existovat žádný účinný nástroj, jak přimět společnost změnit své smýšlení o využití dešťové vody a k šetrnějšímu zacházení s vodou.

Využití dešťové a šedé vody je jedna z možností, jak ekologicky a šetrně přistupovat k přírodě a chránit zdroje vzácné pitné vody i pro další generace.

## 13 Seznam použitých zdrojů

### Odborné knihy, monografie:

Blažek V., Němec J. a Hladný J., 2006: Voda v České republice. Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, Praha.

Böse K. H., 1999: Dešťová voda pro dům a zahradu. HEL, Ostrava: 85 s.

Davies, J W. - Butler, D., 2004: Urban drainage. London ; New York: Spon Press, ISBN 041530606.

Hlavínek P., Prax P., Sklenářová T., Dvořáková D., Polášková K., Kubík J., Hlušík P. a Beránek J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. ARDEC s.r.o., Brno: 164 s.

Holt P., James E., 2006: Waste water reuse in the Urban Environment: selection of technologies. Armineh Mardirossian, Issues 1, 80 pages.

Kabelková I., Doležalová A., 2009: Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku: praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování. Ústav pro ekopolitiku o.p.s., Praha: 48 s.

Kalábová K. a Kaláb V., 2005: Historie zemské donucovací pracovny a věznice pro ženy v Pardubicích. Vězeňská služba České republiky, Praha: 106 s.

Ludwig, A., 2006. The New Create an Oasis with Greywater, Choosing, Building and Using Greywater Systems. Berkeley: 144 s., Oasis Design, ISBN: 10-0964343398.

Němec J., Kopp J. a Bartoš M., 2009: Vodstvo a podnebí v České republice v souvislosti se změnou klimatu, Consult, Praha: 255 s.

Schmidt, M., 2005: The interaction between water and energy of greened roofs. Proceedings World Green Roof Congress, Basel, Switzerland, June.

Stránský D., Kabelová I., Vítek J. a Suchánek M., 2007: Podklad pro koncepci nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaných území, Asociace čistírenských expertů České republiky.

Šálek J., 2012: Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod. Grada, Praha.

Šálek J., Žáková Z. a Hrnčíř P., 2008: Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech. ERA, Brno.

Šimečková J. a Večeřová I., 2010: Zelené střechy - naděje pro budoucnost. Svaz zakládání a údržby zeleně, Brno.

Turner R. D. R., Will G. D., Dawes L. A., Gardner E. A., Lyons D.J., 2013: Phosphorus as a lifting factor on sustainable grey water irrigation. Science of The Total Environment.

### **Internetový zdroj – monografie, článek na webových portálech:**

Archis Ambulkar Jerry A. N., 2019: Čištění odpadních vod (online) [cit. 2019.09.25], dostupné z <<https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment#ref1098057>>.

Asio, 2019: (online) [cit. 2019.11.02], dostupné z <<https://www.asio.cz/>>.

Beránková M., 2017: Odpadní voda – odpad nebo poklad? (online) [cit. 2019.09.19], dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16057-odpadni-voda-odpad-nebo-poklad>>.

Beránková, M., Vološinová, D., Stejskalová, L., Čejková, E., 2017, V ČR se začalo využívání tzv. šedých vod skloňovat ve všech pádech (online) [cit. 2019.09.19], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16101-v-cr-se-zacalo-vyuzivani-tzv-sedych-vod-sklonovat-ve-vsech-padech>>.

ČHMÚ, 2019: Meteostanice Pardubice – Popkovice. (online) [cit. 2019.09.19], dostupné z <[https://www.inpocasi.cz/archiv/pardubice/?&typ=srazky&historie\\_bar\\_mesic=9&historie\\_bar\\_rok=2018#monthly\\_graph](https://www.inpocasi.cz/archiv/pardubice/?&typ=srazky&historie_bar_mesic=9&historie_bar_rok=2018#monthly_graph)>.

Dolečková K., 2018: Jak na úsporu energií v domácnosti jednoduše a bez obětí. 1. díl: Životodárná voda (online) [cit. 2019.09.10], dostupné z <<https://www.econea.cz/blog/jak-na-usporu-energii-v-domacnosti-1-dil-voda/>>.

Geoportál, 2019: (online) [cit. 2019.09.03], dostupné z <<https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>>.

Hák T., 2014: Voda virtuální, přesto skutečná (online) [cit. 2019.09.19], dostupné z: <<https://vesmir.cz/cz/on-line-clanky/2014/07/voda-virtualni-presto-skutecna.html>>.

Hromková D., Šimková A., 2018, Pitné vody Češi spotřebují čím dál víc, v Evropě jsou spíše za šetřilky (online) [cit. 2019.09.15], dostupné z <[http://www.idnes.cz/zpravy/domaci/spotreba-pitne-vodystoupa.A181114\\_114100\\_domaci\\_jumi](http://www.idnes.cz/zpravy/domaci/spotreba-pitne-vodystoupa.A181114_114100_domaci_jumi)>.

Mífková T., 2011: Nové metody nakládání s odpadními vodami (online) [cit. 2019.09.19], dostupné z: <<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/zdravotni-technika/nove-metody-nakladani-sodpadnimi-vodami>>.

Plotěný K., 2013: Využití šedých a dešťových vod v budovách (online) [cit. 2019.09.19], dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>>.

Plotěný K., 2019: Recyklace šedých vod a jejich využití (online) [cit. 2019.10.17], dostupné z: <<https://youtu.be/tYDBW5rTFN8>> <<https://youtu.be/tYDRECYKLACE>> ŠEDÝCH VOD A JEJICH VYUŽITÍ>.

Plotěný K., Bartoník A., 2012: Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich (online) [cit. 2019.10.19], dostupné z: <<http://www.asio.cz/cz/153.cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>>.

Topol J., ml., 2005: Porovnání centralizovaného a decentralizovaného systému čištění odpadních vod (online) [cit. 2019.08.11], dostupné z: <<https://www.tzb-info.cz/2543-porovnani-centralizovaneho-a-decentralizovaneho-systemu-cisteni-odpadnich-vod>>.

### **Článek v odborném periodiku:**

Kožíšek F., 2012: Šedé vody z pohledu hygienika a legislativy. SOVAK – Časopis oboru vodovodů a kanalizací 2/2012. S. 14.

### **Legislativní materiály – zákon, vyhláška, norma:**

Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, v platném znění.

Zákon č.274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích, v platném znění.

Směrnice č. 9/1973 Ú.v., ministerstva lesního a vodního hospodářství ČSR a ministerstva zdravotnictví ČSR - hlavního hygienika ČSR pro výpočet potřeby vody při navrhování vodovodních a kanalizačních zařízení a posuzování vydatnosti vodních zdrojů

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, v platném znění.

### **Technické normy:**

ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2016. 46 s.

ČSN 75 6780: Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2012. 39 s.

ČSN EN 1085: Čištění odpadních vod – Slovník, Český normalizační institut, Praha, 2007. 69 s

ČSN EN 16941-1: Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2018. 36 s.

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

prEN 16941-2: Systémy pitné vody na místě - Část 2: Systémy pro použití ošetřené šedé vody, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Brusel, 2017. 31 s.

ČSN 75 0161: Vodní hospodářství – Názvosloví kanalizace, Český normalizační institut, Praha, 2008. 83 s.

#### **Bakalářské/diplomové práce:**

Říha J., 2014: Voda jako složka biosféry: encyklopedie vodního hospodářství I. Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem. 96 s.

## **14 Seznam obrázků**

Obrázek 7.1 - Porovnání odtoku srážkových vod v přirozeném a urbanizovaném povodí

Obrázek 9.1 – Situační plán objektu Věznice Pardubice

## 15 Seznam tabulek

Tabulka 8.1 – Splachovací objemy pro záchodové a pisoárové mísy

Tabulka 8.2 – Produkce šedé vody v různých budovách

Tabulka 8.3 – Produkce šedé vody podle činností

Tabulka 8.4 - Součinitelé využití dešťové vody  $\psi_d$

Tabulka 8.5 – Dlouhodobý srážkový normál v České republice 1961-1990 (mm)

Tabulka 10.1 – Produkce šedé vody podle činností

Tabulka 10.2 – Stanovení specifické potřeby vody na splacování

Tabulka 10.3 - Roční objem srážek spadlých na budovu

## **16 Přílohy**

Příloha 1 - Průměrná spotřeba vody v domácnosti

Příloha 2 - Recyklace šedé vody

Příloha 3 - Šedé vody AS-GW/AQUALOOP - umístění

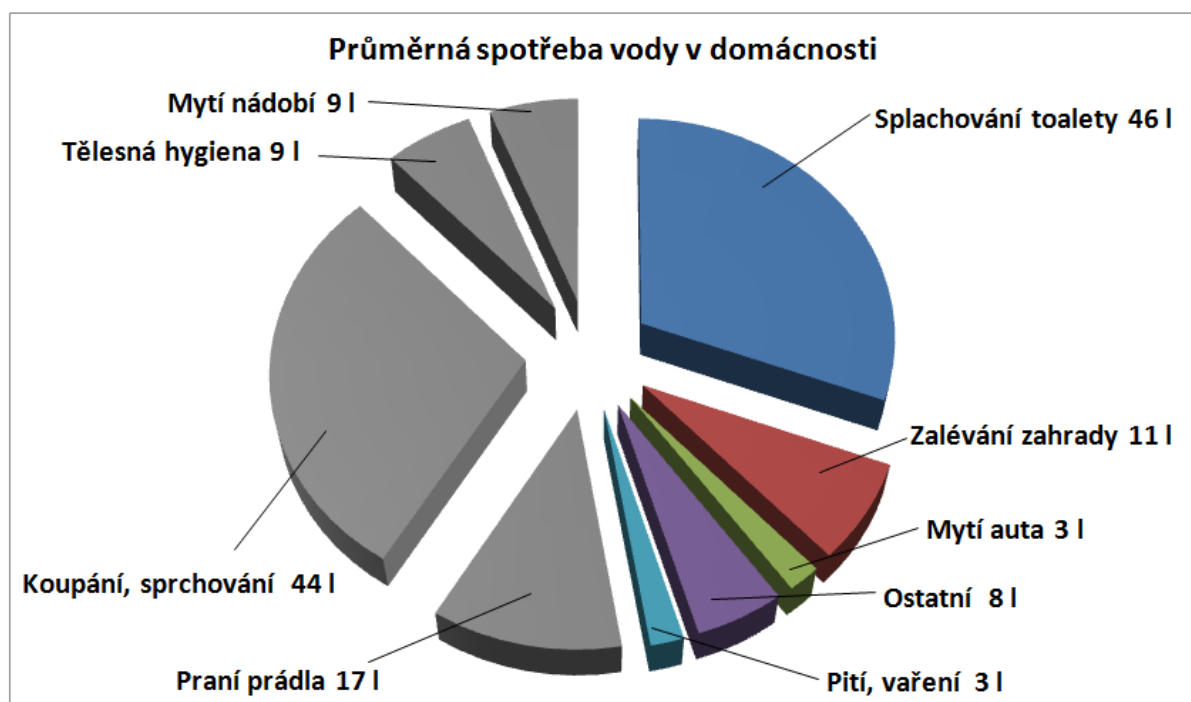
Příloha 4 - Plastová nádrž na srážkovou vodu AS-REWA Kombi

Příloha 5 - Schéma řešení pro hospodaření s dešťovou vodou

Příloha 6 – Schéma řešení pro hospodaření s šedou vodou



## Příloha 1 - Průměrná spotřeba vody v domácnosti



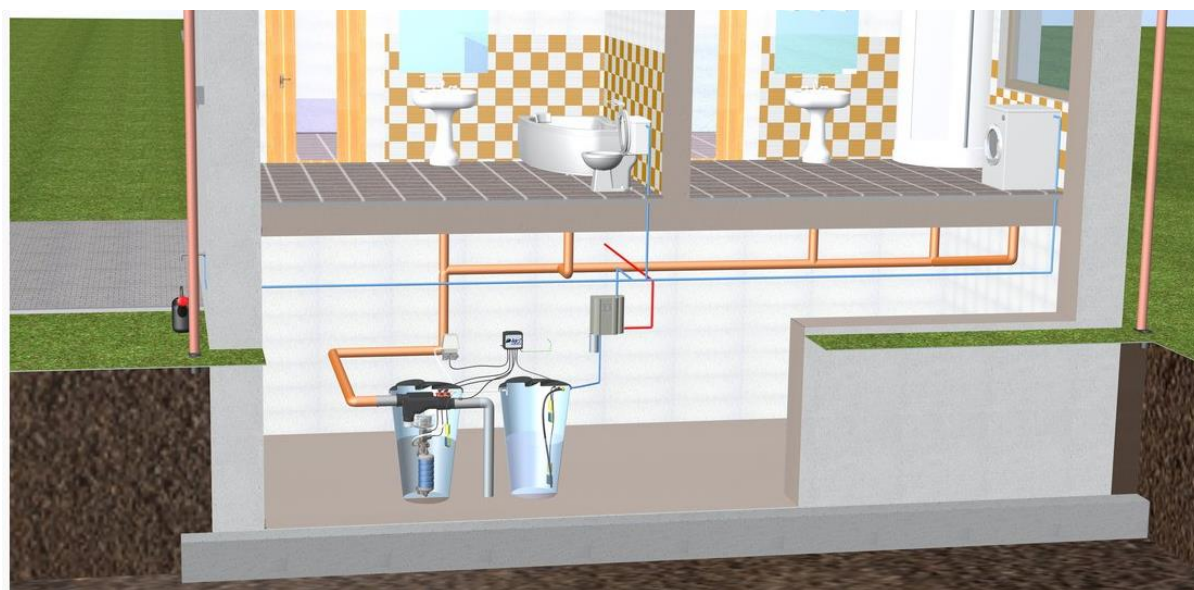
Zdroj: Asio, 2019

## Příloha 2 - Recyklace šedé vody



Zdroj: Asio, 2019

### Příloha 3 - Šedé vody AS-GW/AQUALOOP - umístění



Zdroj: Asio, 2019

#### Příloha 4 - Plastová nádrž na srážkovou vodu AS-REWA Kombi



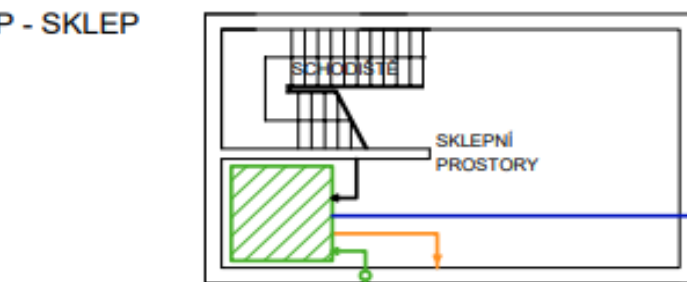
Zdroj: Asio, 2019

# Objekt č.20 - Ubytovna D







## SCHEMA ŘEŠENÍ PRO HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

1:150

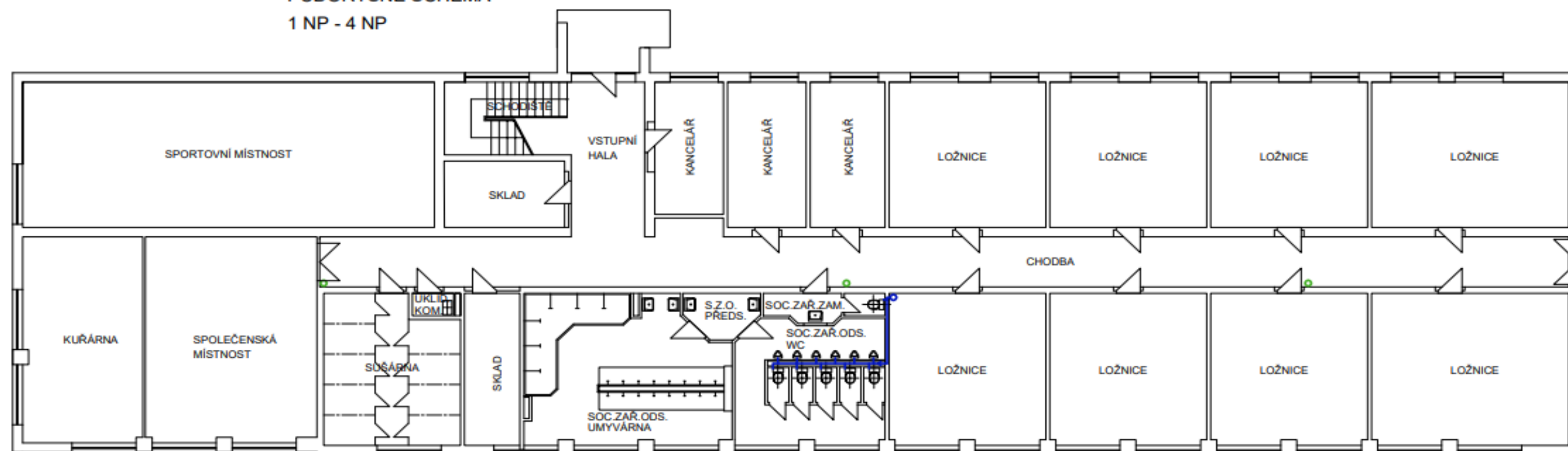
PŮDORYSNÉ SCHEMA  
1 PP - SKLEP



LEGENDA:

-  AKUMULAČNÍ NÁDRŽ NA DEŠŤOVOU VODU
-  STOUPACÍ VODOVODNÍ POTRUBÍ NEPITNÉ VODY
-  NÁVRH ROZVODU NEPITNÉ VODY
-  SVOD VNITŘNÍ DEŠŤOVÉ KANALIZACE
-  VNITŘNÍ DEŠŤOVÁ KANALIZACE
-  BEZPEČNOSTNÍ PŘEPAD DO JEDNOTNÉ KANALIZACE
-  DOPLŇOVÁNÍ PITNÉ VODY

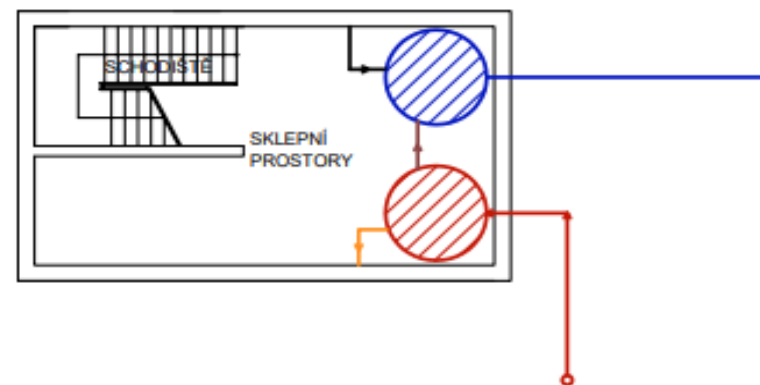
PŮDORYSNÉ SCHEMA  
1 NP - 4 NP



# Objekt č.20 - Ubytovna D

## SCHEMA ŘEŠENÍ PRO HOSPODAŘENÍ S ŠEDOU VODOU

1:150  
PŮDORYSNÉ SCHEMA  
1 PP - SKLEP



LEGENDA:

- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | ÚPRAVNA ŠEDÉ VODY                       |  | SVOD ODPADNÍ KANALIZACE ŠEDÉ VODY          |
|  | NÁDRŽ NA NEPITNOU VODU                  |  | ODPADNÍ KANALIZACE ŠEDÉ VODY               |
|  | VEDENÍ VYČIŠTĚNÉ ŠEDÉ VODY              |  | BEZPEČNOSTNÍ PŘEPAD DO JEDNOTNÉ KANALIZACE |
|  | STOUPACÍ VODOVODNÍ POTRUBÍ NEPITNÉ VODY |  | DOPLŇOVÁNÍ PITNÉ VODY                      |
|  | NÁVRH ROZVODU NEPITNÉ VODY              |  |  |

PŮDORYSNÉ SCHEMA  
1 NP - 4 NP

