

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

---

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
hospodářství**



**Bakalářská práce**

**Hospodaření s dešťovými a šedými vodami**

**Martin Skuček**

© 2020 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Skuček

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 popsat možnosti hospodaření s dešťovými a šedými vodami. Na konkrétním příkladu jednotlivé možnosti navrhnout a posoudit.

### Metodika

Zásady pro zpracování

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Zpřehlednění stávající legislativy
5. Metodika
6. Popis řešeného objektu
7. Návrh řešení hospodaření s dešťovou a šedou vodou
8. Výsledky
9. Diskuze
10. Závěr
11. Použité zdroje
12. Přílohy

**Doporučený rozsah práce**

cca 40 stran textu

**Klíčová slova**

Šedá voda, dešťová voda, hospodaření s vodou, spotřeba vody

---

**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.
- 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.
- Legislativní podklady a normy
- ŠÁLEK, J. *Voda v domě a na chatě : využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.

---

**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“ 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/a, 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 vědom/a, že odevzdáním bakalářské/závěrečné 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.

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za odborné vedení, cenné rady a podporu při psaní této bakalářské práce.

# Hospodaření s dešťovými a šedými vodami

## Abstrakt

Voda je velmi cennou surovinou, která je sice nejrozšířenější látkou na Zemi a patří do nevyčerpatelných zdrojů, ale i přesto jí bývá nedostatek a to hlavně vody pitné. Spotřeba pitné vody se neustále zvyšuje, proto je důležité s vodou neplýtvat, hospodařit s ní a naučit se využívat málo znečištěnou odpadní vodu. Existuje mnoho důvodů pro zřízení zařízení na dešťovou vodu. Zásoby vody jsou omezené, využívání dešťové vody šetří peníze, snižuje energetickou náročnost, spotřebu pracích prostředků, také se snižuje potřeba retenčních nádrží a ochrany před záplavami. Využitím dešťové vody, vzniká méně odpadní vody. (Böse 1999)

K dalším prioritám patří i využívání málo znečištěných šedých vod. K tomu se nejlépe hodí voda z koupelen, kterou je možné po přečištění znovu použít na splachování toalet a všude tam, kde se nekladou požadavky na vodu pitnou. Tématem práce je znovuvyužití šedých a dešťových vod všude tam, kde se neekonomicky používá pitná voda. Jako příklad je uvedena víceúčelová budova v areálu a.s. Paramo Pardubice, kde je snaha o navržení systémů na využívání šedých a dešťových vod. Celý projekt je zaměřen na efektivní hospodaření a úsporu pitné vody a s tím spojených nákladů, minimalizování množství odpadních vod a poplatků za dešťové vody. Zároveň jsou vyčísleny náklady a propočítána návratnost investice provedených změn.

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

# **Management of rain water and grey water**

## **Abstract**

Water is a very valuable raw material, which, while the most prevalent substance on Earth and belonging to inexhaustible sources, is still scarce and mainly potable water. Drinking water consumption is steadily increasing, which is why it is important not to waste, manage and learn to use low-polluted wastewater. There are many reasons for setting up a rainwater facility. Water supplies are limited, rainwater use saves money, reduces energy intensity, consumption of laundry detergents, also reduces the need for retention tanks and flood protection. By using rainwater, less wastewater is generated. (Böse 1999)

Other priorities include the use of low-polluted grey waters. This is best suited to bath water, which can be reused after repurification to flush toilets and wherever there are no drinking water requirements. The topic of work is the reuse of grey and rainwater wherever drinking water is uneconomically used. A multipurpose building on the premises a.s. is cited as an example. Paramo Pardubice, where there is an effort to design systems to exploit grey and rainwater. The whole project is aimed at efficiently managing and saving drinking water and the associated costs, minimising the amount of wastewater and rain water charges. At the same time, the costs are quantified and the return on investment of the changes made is calculated.

**Key words:** Rainwater, grey water, water consumption, water management

# Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce .....	11
3	Voda na Zemi .....	12
3.1	Základní role vody.....	12
3.2	Koloběh vody v přírodě.....	13
3.3	Spotřeba vody.....	13
4	Legislativa .....	15
5	Odpadní voda, nakládání s odpadními vodami .....	17
5.1	Šedá voda .....	17
5.1.1	Typy systémů šedé vody .....	18
5.1.2	Stanovení objemu nádrží.....	18
5.1.3	Specifické požadavky na nádrže a kanalizaci .....	18
5.1.4	Znečištění odpadních vod .....	19
5.1.5	Čištění odpadních vod.....	19
5.2	Dešťová voda.....	20
5.2.1	Využití dešťové vody .....	20
5.2.2	Znečištění dešťové vody .....	22
5.2.3	Čištění dešťové vody.....	23
5.2.4	Zařízení pro využití srážkových vod.....	24
6	Dimenzování .....	25
6.1	Spotřeba vody.....	25
6.2	Potřeba vody provozní vody.....	25
6.3	Produkce šedé a dešťové vody .....	25
6.3.1	První metoda stanovení průměrné denní produkce šedé vody.....	26
6.3.2	Druhá metoda stanovení průměrné denní produkce šedé vody .....	27
6.3.3	Stanovení ročního zisku dešťové vody .....	27
7	Metodika.....	29
8	Řešení hospodaření s dešťovými a šedými vodami pro vybraný objekt.....	30
8.1	Představení lokality .....	30
8.2	Stanovení specifické potřeby vody na splachování a objemu srážek.....	32
8.2.1	Stanovení specifické potřeby vody na splachování toalet.....	32
8.2.2	Stanovení objemu srážek.....	34
8.3	Návrh na hospodaření s dešťovou vodou .....	34
8.3.1	Koncepce řešení pro hospodaření s dešťovou vodou.....	35
8.3.2	Investiční náklady, návratnost investice .....	35
8.4	Návrh na hospodaření s šedou vodou.....	36



8.4.1	Produkce šedé vody.....	36
8.4.2	Koncepce řešení pro hospodaření s šedou vodou .....	37
8.4.3	Investiční náklady, návratnost investice .....	37
8.5	Návrh na chlazení technologií v provozu.....	38
8.5.1	Účel chlazení, chemická úprava chladicí vody .....	38
8.5.2	Koncepce řešení pro chlazení technologií v provozu .....	39
8.5.3	Investiční náklady, návratnost investice .....	40
9	Diskuse .....	41
10	Závěr.....	43
11	Seznam použitých zdrojů .....	45
12	Seznam obrázků .....	49
13	Seznam tabulek.....	50
14	Přílohy .....	51

# 1 Úvod

Voda je jeden z hlavních zdrojů života na Zemi. Řadí se mezi nevyčerpatelné zdroje, přesto ji není všude na zemi dostatek, a to především v podobě vody pitné, která stále ubývá. Téma hospodaření s vodou nabývá stále většího významu. V minulosti bylo hlavní snahou odvést veškerou srážkovou vodu z pozemků přímo do kanalizace oproti přírodní krajině, kde se po dopadu na zemský povrch většina srážek vsákne, čímž se udržuje hladina podzemní vody, která má zásadní vliv na celkovou vlhkost půdního profilu a růst vegetace. Rychlý povrchový odtok a nevhodné hospodaření na urbanizovaném území a zemědělských pozemcích způsobuje problémy v podobě lokálních záplav a vodních erozí. K nejzákladnějším typům opatření patří zařízení na vsakování srážkové vody a přeměna původně nepropustných zpevněných ploch na propustné.

Plýtvání vodou a hlavně tou pitnou je celosvětový problém, nad kterým bychom se měli nejen zamyslet, ale také ho řešit, snažit se hospodařit s dešťovou vodou v místě dopadu vsakováním do podzemních vod, retencí nebo využitím k jiným účelům. K činnostem jako je splachování, praní prádla, mytí aut nebo zalévání zeleně postačí dešťová voda, která je v mnoha ohledech lepší než voda pitná. Další úsporou pitné vody je znovuvyužití vody šedé. Odpadní vody z koupelen a kuchyní, z kterých po přečištění vzniknout hygienicky nezávadné vody se dají dále využít ke splachování toalet, uklízení a zalévání. V urbanizovaném území jsou z ekonomického hlediska a z hlediska vlastnických práv změny složitější, ale u nových zástaveb by mohlo být řešení hospodaření s dešťovými a šedými vodami jednodušší a ve větším rozsahu.

Pokud bude nadále dešťová voda odváděna z nepropustných ploch přímo dešťovou kanalizací nebo jednotnou kanalizací a čistírnou odpadních vod bez užitku do potoků a řek, nelze hovořit o přirozeném hospodaření. Tato voda je ztracena a tím se následně zvyšují náklady na stavbu kanálů, dešťových retenčních nádrží a čistíren, včetně poplatku za vodné a stočné. Proto je důležité s dešťovou vodou hospodárně zacházet, využívat a ekologicky ji vrátit do koloběhu. (Böse 1999, Kabelková a Doležalová 2009)

## **2 Cíl práce**

Cílem práce je na základě odborných literárních zdrojů, nastínit základní role vody, její spotřebu, zpřehlednit legislativu šedých a dešťových voda, seznámit s jejich následným znovuvyužitím jako vody provozní s přihlédnutím na specifické požadavky. Hlavním cílem je navržení snížení spotřeby pitné vody a redukcí množství vypouštěných vod pro víceúčelový objekt a tím efektivně vyřešit hospodaření s šedými a dešťovými vodami a následné vyhodnocení daného řešení.

## 3 Voda na Zemi

### 3.1 Základní role vody

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

V okolí měst a v zemědělských oblastech je permanentní přetěžování zdrojů podzemní vody zřetelnější. V některých oblastech lidé překročili hranice udržitelného využívání vodních zdrojů. Oblasti, kde je k dispozici méně než 1700 m<sup>3</sup> vody na osobu za rok se nazývají oblastí vodního stresu. Dle prognostiků by se tyto oblasti měly do roku 2025 až ztrojnásobit. Lidstvo je vystaveno nejen fyzickému nedostatku vody, ale také tzv. ekonomickému vodnímu nedostatku, který se snaží kompenzovat moderními technologiemi a fungující infrastrukturou.

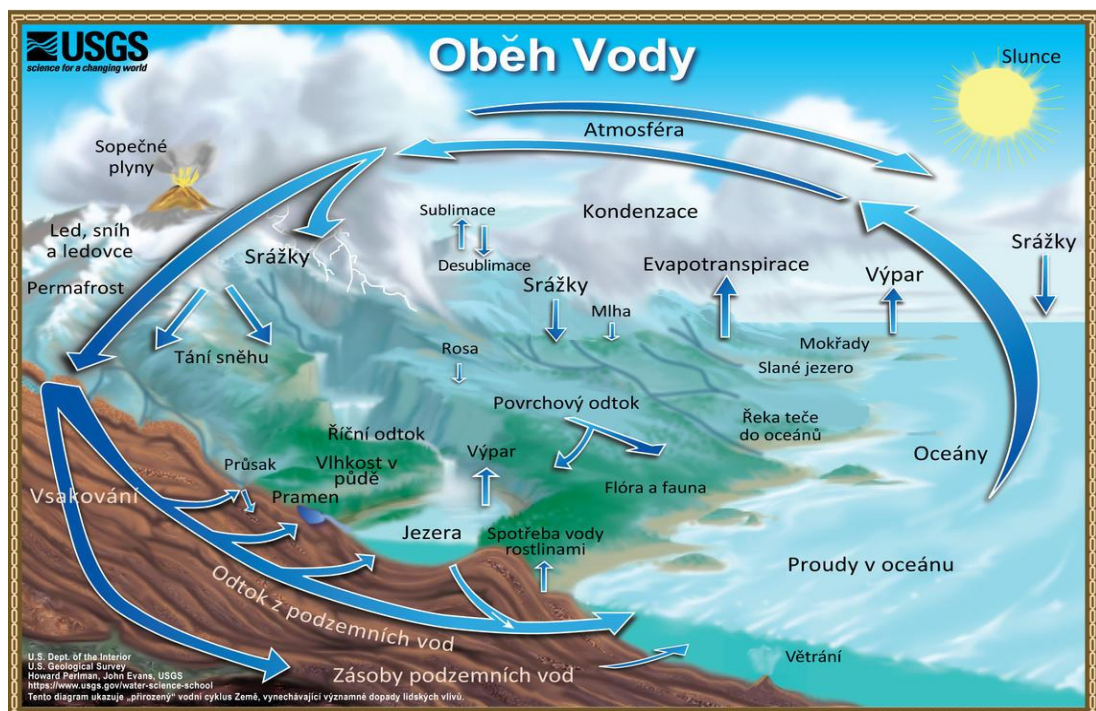
Na území České republiky jsou oblasti, které mají již v dnešní době problémy se suchem a to konkrétně na jižní Moravě, Královéhradecku a Pardubicku.

Ukazatel, jako spotřeba vody nebo odběr podzemních a povrchových vod, může být nepřesný. Je potřeba ho doplnit o komplexnější informace, pomocí nichž lze odhalit hlavní příčiny a dopady špatného stavu vodních ekosystémů. Je důležité zohlednit i specifické místní podmínky, zemědělské postupy, celý životní cyklus výrobků, mezinárodní obchod a další faktory. Mezi další ukazatele patří například vodní stopa, která byla poprvé představena v roce 2002 a jejímž základem je koncept tzv. virtuální vody.

Virtuální voda je objem veškeré vody použité v různých fázích výrobního cyklu výrobku. Například na výrobu jednoho šálku kávy je potřeba 140 l virtuální vody. Názvem virtuální je poukázáno na skutečnost, že na rozdíl od skutečného obsahu vody ve výrobku je celková spotřeba vody mnohonásobně vyšší. (Hák 2014, Mixa, 2013)

### 3.2 Koloběh vody v přírodě

Plocha světového oceánu je základnou pro globální oběh vody. Vodní páry jsou přenášeny nad kontinenty, kde v důsledku kondenzace padají ve formě kapalných nebo pevných vzdušných srážek na zemský povrch. Srážková voda odtéká povrchově nebo podzemně zpět do oceánu. Oběh vody na celé zeměkouli je označován jako velký oběh. Označením malý oběh vody je nazýván oběh vody v rámci menších oblastí, především nad vlastními rozsáhlými plochami oceánu a v menší míře nad pevninou.



Obrázek 1 Oběh vody  
Zdroj: USGS, Public domain

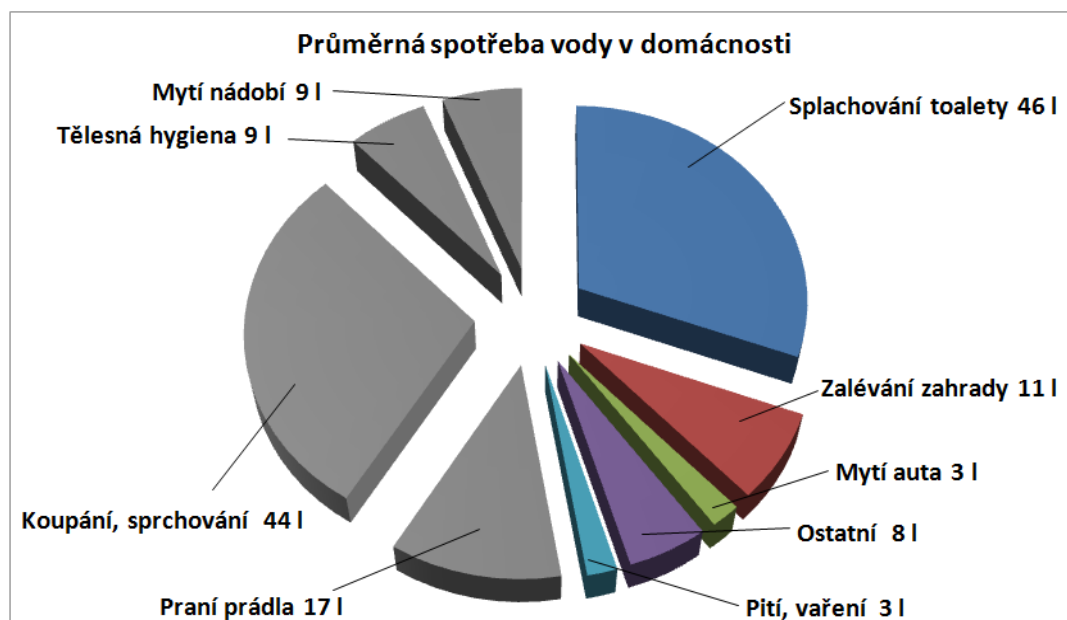
Mezi základní složky oběhu vody v přírodě patří srážky, výpar, povrchový, podpovrchový a podzemní odtok a akumulovaná voda v nádržích. V závislosti na teplotě se voda v přírodě vyskytuje ve všech skupenských formách. Jako sladká voda je označována voda, která podléhá uzavřenému cyklu v důsledku slunečního záření. (Říha 2014)

### 3.3 Spotřeba vody

V různých zemích je spotřeba pitné vody rozdílná. V České republice je průměrná spotřeba na obyvatele za den kolem 90 litrů. Pro porovnání země třetího světa spotřebují 10 litrů na osobu a Kanadčané až 700 litrů. (Beránková 2017)

Každý člověk by měl mít k dispozici alespoň 20 litrů pitné vody na běžnou denní potřebu. Toto minimum nemá více jak jedna miliarda lidí. Ve stresu z nedostatku vody neboli ve vodním stresu žije kolem 40 % obyvatel zeměkoule v 80 zemích. Proto, aby tato znepokojivá situace dále nepokračovala, je důležité hledat řešení například ve způsobu získávání vody úpravou znečištěných vod. (Němec a kol. 2009)

V Evropě je v současné době největším spotřebitelem průmysl s 54 %, v zemědělství se spotřebovává 33 % a v domácnostech kolem 13 % vody. (Beránková 2017)



Obrázek 2 Průměrná spotřeba vody v domácnosti  
Zdroj: asio.cz

## 4 Legislativa

Česká republika nemá legislativně řešeno hospodaření s dešťovými vodami. Důvodem může být nejen nízká cena pitné vody, ale i nízká informovanost a veřejné mínění o této problematice. V současnosti nejsou vytvořeny jednoznačné legislativní, technické, ekonomické předpoklady, které by vyvolaly celospolečenský zájem s dešťovou vodou hospodařit. Chybí systémový přístup k řešení této problematiky. Řešení stávajícího systémů odvodu dešťové vody, kdy je veškerá srážková voda odváděna do kanalizace, je v rozporu s ekologickou udržitelností a je neekonomické. Investování do systémů hospodaření s šedými a dešťovými vodami se u nás, oproti Německu, kde je legislativa na vyšší úrovni, zatím příliš nevyplácí. V České republice není u rodinných domů zpoplatněn odvod srážkových vod do kanalizace a tím nejsou občané motivováni s dešťovou vodou jakkoli nakládat. (Böse 1999)

Legislativa v ČR se srážkovými a šedými vodami zabývá jen okrajově. Ve **vodním zákoně** č. 254/2001 Sb. v §5 odst. 3 je zmínka o srážkových vodách v souvislosti s povolení stavby o povinnosti zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění srážkové vody v souladu se stavebním zákonem a zároveň je zde upozorněno, že bez splnění těchto podmínek nesmí být stavba povolena. Z §38 odst. 4 téhož zákona vyplývá, že srážkové vody z pozemních komunikací nejsou považovány za vody odpadní, ale zároveň je v odst. 3 poukázáno na skutečnost, že pokud je odpadní a srážková voda odváděna společnou jednotnou kanalizací, stává se srážková voda vtokem do této kanalizace vodou odpadní.

**Vyhláška 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území** se v § 20 odst. 5 písm. c) zaobírá dešťovou vodou na stavebním pozemku ve smyslu řešení vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných nebo zpevněných ploch pokud se neplánuje jejich využití. Dále v § 6 odst. 4 řeší odtékající povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek, na stavby, kdy musí být zajištěno jejich odvádění, případné čištění se řeší vhodnými technickými opatřeními.

**Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích** v §1 odst. 4 písm. b) říká, že se nevztahuje na oddílné kanalizace sloužící k odvádění povrchových vod vzniklých odtokem srážkových vod.

Norma **ČSN 75 9010** z roku 2016 se zabývá vsakovacími zařízeními srážkových vod. Další normou vztahující se k dešťovým vodám je **ČSN 75 6780** Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích z roku 2012, **ČSN EN 16941-1** Zařízení pro využití nepitné vody na místě, Zařízení pro využití srážkových vod, 2018 a norma **TNV 75 9011** Hospodaření se srážkovými vodami z roku 2013.

V současné době je využívání šedých vod v ČR na počátku. Jednou z prvních norem z roku 2012 řešících tuto problematiku je **ČSN 75 6780 Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích**. V projednání je návrh normy **EN 16941-2 Systémy pro použité ošetřené šedé vody**, který byl v září 2017 přeložen členům CEN k šetření.



## 5 Odpadní voda, nakládání s odpadními vodami

Odpadní vodou je nazývána veškerá voda z domácností, komerčních zařízení, průmyslu, zemědělství a jiných provozů včetně vody dešťové a balastní. Odpadní vodu lze dělit do třech hlavních typů. Prvním z nich je černá voda, která obsahuje fekálie, toaletní papír, ubrousky a je velmi patogenní. Šedá voda je odpadní voda z umyvadel, praček, van, sprch. Technicky je to odpadní voda bez fekálií a moče, je obvykle vhodná pro opakované použití. Pokud se mluví o žluté vodě, jde v zásadě o moč, která není kontaminována černou nebo šedou vodou. Člověk s přístupem ke zdroji vody z veřejného vodovodu vyprodukuje ročně odpadní vodu v rozmezí 20 000 až 100 000 l. (Beránková 2017, ČSN EN 1085, 2007, ČSN 75 0161, 2008)

Řešení zneškodňování odpadních vod má dvě hlavní varianty centralizované a decentralizované. Nové metody nakládání s odpadními vodami řeší daný problém přímo v místě jejich vzniku, kdy jsou odpadní vody recyklovány, opět využívány a do ekosystému je vypouštěno minimum znečištěných vod. Decentralizované řešení nakládání s odpadními vodami zvané DESAR, je založeno na principu separace znečištění u zdroje, na odděleném čištění odpadních vod, následném opětovném použití a na efektivním hospodaření s dešťovou vodou. (Mífková 2011)

Centralizované zneškodňování odpadních vod je založeno na rozsáhlých systémech přečerpávacího a transportního zařízení. Jeho zřízení je finančně náročnější a to až o jednu třetinu oproti systémům decentralizovaného zneškodňování odpadních vod. (Topol 2005)

### 5.1 Šedá voda

Evropská norma EN 16941-2 stanovuje zásady pro návrh, dimenzování, instalaci a identifikaci šedých vod. Cílem řízení šedé vody je ekologické a udržitelné hospodaření s vodou. Šedá voda se liší objemem a složením v závislosti na různých zdrojích znečištění a pro své další použití vyžaduje různé úrovně úpravy. Šedé vody lze také použít k rekuperaci tepla a chlazení, ovšem přednostně se využívá pro splachování WC, zalévání zahrady, provoz prádelny, čištění a to nejen v domácnostech, ale i v ostatních budovách jako jsou školy, ubytovací zařízení a další. Šedá voda rozhodně není určena ke konzumaci nebo mytí nádobí, pokud je

využívána pouze jako nepitná, nehrozí žádné zdravotní riziko. (prEN 16941-2, 2017, Ludwig 2006, Fryer 2012)

### **5.1.1 Typy systémů šedé vody**

Je nezbytné, aby systémy šedé vody byly navrženy způsobem, který nepředstavuje riziko pro zdraví člověka. Kvalita šedé vody se rychle zhoršuje a je třeba ji využít v co nejkratší době.

Podle typu čištění se rozlišují systémy přímého použití, krátkodobé retenční, základní fyzikální – chemické, biologické a bio-mechanické. Systémem přímého použití je jednoduché zařízení pro sběr šedé vody bez jejího ošetření. V krátkodobých retenčních systémech je voda upravena základní technikou, jako je například sebrání nečistot z povrchu. Skladování se z důvodu možných problémů se zápachem omezuje na dobu nezbytně nutnou. Základní fyzikální a chemické systémy používají před uskladněním filtry a během skladování chemické a dezinfekční prostředky. Biologické systémy využívají aerobní a anaerobní bakterie, používají se i vodní rostliny k provzdušnění. Bio-mechanické systémy jsou kombinací biologického a fyzikálního zpracování. (prEN 16941-2, 2017)

### **5.1.2 Stanovení objemu nádrží**

Při stanovení objemu nádrží je nutné brát v úvahu časové využití budovy a činnosti, při kterých se spotřebovává voda nepravidelně. Důležitým požadavkem na akumulaci šedých vod je umístění akumulární nádrže bez průniku denního světla nejlépe do země aby se minimalizovala možnost růstu mikroorganismů a trofizace. Z hygienických důvodů je vhodné šedou vodu akumulovat maximálně jeden den. (Plotěný 2013, ČSN 75 6780, 2013)

### **5.1.3 Specifické požadavky na nádrže a kanalizaci**

Materiál nádrží nesmí mít negativní vliv na skladovanou vodu a na životní prostředí. Mezi další požadavky na skladovací zařízení patří neprůhlednost materiálu, vodotěsnost, odolnost proti korozi, namáhání, zatížení a působení hydrostatického tlaku. Zároveň musí být nádrže ochráněny před vstupem malých zvířat. Pro případ poklesu hladiny vody ve skladovacím zařízení pod dané minimum musí mít systém úpravy šedé vody záložní přívod vody, chráněný před nežádoucím vniknutím vody šedé do vody pitné. Umístění podzemního zásobníku se volí v minimální vzdálenosti

3 m od kořenového systému stromů a rostlin. Před instalací podzemních zařízení je třeba zohlednit specifické faktory jako je pevnost a stabilita země, kontaminace půdy, stávající potrubí a kabely, případné přístupové cesty a vyloučit jakékoli zatížení zařízení. Všechna potrubí, armatury pro pitnou vodu musí být označeny tak, aby nedošlo k náhodnému propojení mezi různými sběrnými potrubími. Stejně tak je vyžadováno označení potrubí s vodou nepitnou. Před uvedením do provozu je nezbytné systémy šedých vod propláchnout a zkontrolovat vodotěsnost a elektroinstalace. Nezbytnou součástí je protokol o uvedení do provozu. (prEN 16941 -2, 2017, Plotěný 2013)

#### **5.1.4 Znečištění odpadních vod**

Obecně lze říci, že znečištěná voda je voda nevhodná k pití a k přímému kontaktu s pokožkou. Detergenty z pracích prášků, mýdel, šamponů, zubních past a podobně jsou nejvíce znečišťujícími látkami šedých vod. Šedá voda z van a sprch je také běžně znečištěna fekálním znečištěním, proto je důležitá dezinfekce a snížení organického zatížení na minimum z důvodu snížení možnosti množení mikroorganismů a snížení zápachu. Odpadní vody z kuchyňských dřezů a z drtičů odpadů jsou většinou vyjímány ze zdrojů šedé vody pro vysoké koncentrace znečištění. (Archis AmbulkarJerry 2019, Beránková a kol. 2017, Kožíšek 2012, Turner a kol. 2013)

#### **5.1.5 Čištění odpadních vod**

Pro výběr vhodné metody čištění je potřeba zvážit jak se bude voda dále používat. Shromážděnou šedou vodu ošetřujeme pouze v míře potřebné pro její znovu využití metodou fyzikální, chemickou nebo biologickou a to vždy s ohledem na aspekty udržitelnosti a dopady na životní prostředí. Čištění probíhá na základě kombinací různých způsobů úpravy jako je sedimentace přes usazovací nádrže, filtrace velkých částic, mechanická jemná filtrace, biologické, chemické ošetření nebo dezinfekce pomocí ultrafialového záření. (Plotěný 2013)

Existuje celá řada výrobků, objektů a řešení k čištění odpadních vod a každý ze způsobů má své přednosti i slabá místa. V současnosti jsou dva způsoby řešení čištění. První je řešení pomocí intenzivních technologií. Tato technologická čištění jsou založena převážně na anaerobních a nejčastěji používaných aerobních

biologických procesech, dále na sorpci a fyzikálně-chemických pochodech. Druhým způsobem řešení čištění jsou přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. Do přírodních způsobů čištění řadíme přírodě blízké samočisticí procesy probíhající v půdě, vodě a v mokřadním prostředí, kdy se tato prostředí podílejí na vytváření vhodného filtračního, sedimentačního a sorpčního prostředí a zároveň zajišťují vhodné prostředí pro mikroorganismy, které se také podílejí na procesu čištění. Přírodní způsoby čištění jsou nepoužitelné u silně znečištěných vod například u odpadních vod s vysokým obsahem organického znečištění, při zvýšeném výskytu olejů, tuků, ropy, u průmyslových odpadních vod, vod obsahujících toxické látky aj. Mohlo by se říci, že se přírodní způsoby čištění uplatňují zejména při čištění splaškových odpadních vod. Jedná se o ekologický charakter čistírenského zařízení, který má poměrně jednoduché technologické provedení, nízké provozní náklady, nízkou potřebu energie a investiční náklady jsou srovnatelné s umělou čistírnou. Mezi nevýhody přírodních čističek patří velká náročnost na plochu. (Šálek 2012)

## **5.2 Dešťová voda**

### **5.2.1 Využití dešťové vody**

Využít dešťovou vodu hospodárně s ní zacházet a ekologicky ji vrátit do koloběhu je možné třemi způsoby. První z nich je využít dešťové vody pro jiné účely jako například splachování, zalévání, čištění, mytí, dále vsakování na místě, čímž je podporována tvorba spodní vody a nakonec po odsouhlasení příslušného vodohospodářského orgánu odvést dešťové vody přímo do odvodní stoky.

Základním principem vsakování je přeměna nepropustných ploch v propustné. Vsakování má další výhody v podobě nízkých pořizovacích nákladů a vlastník pozemku si může práci na vsakovacím řešení provádět sám. Vsakování dešťové vody je možné a má smysl na propustných půdách s ohledem na její zhutnění, na vhodném tvaru pozemku, při nedostatku spodní vody a při velké spotřebě vody, která nemusí mít kvalitu vody pitné. Vsakování je možné pomocí vsakovacích koryt, rigolů, drenáží a vsakovacích studní. Pomocí vsakovacího systému koryta s rigolem je voda filtrována půdními vrstvami a tím je část

biologických nečistot odbourána. Další výhodou je obnova spodní vody a zpomalení odvodu dešťové vody. Při rozhodování o vhodném řešení vsakování je důležitým kritériem kvalita srážkových povrchových vod, horninové prostředí, do kterého se budou vsakovat a zároveň nesmí být způsobeny škody na sousedních pozemcích, budovách, kanalizacích a jiných zařízeních. Vsakovací zařízení může plnit více funkcí, například retenční funkci, estetickou nebo užitnou. Tyto funkce se mohou navzájem doplňovat. (Böse 1999, ČSN 75 9010,2016, Kabelková a Doležalová 2009, Holt a kol. 2006)

Průměrná spotřeba pitné vody je 100 litrů vody na osobu/den. Pro různé činnosti v domácnosti je potřeba voda různé jakosti a srážková voda je významným zdrojem pro účely, kde se nevyžaduje jakost pitné vody. Dešťová voda nabízí rozmanité způsoby využití, po upravení a hygienizaci ji můžeme využívat jako vodu nepitnou v domácnostech. Způsob využívání srážkových vod vychází z jejich množství, fyzikálních, chemických a biologických vlastností, časového rozložení, periodicity výskytu a místních možností. (Hlavínek a kol. 2007, Šálek 2008)

Díky absenci železa a soli v dešťové vodě nedochází ke zbytečnému zamořování půdy solí. Dešťová voda neobsahuje chlor ani jiné chemické sloučeniny a tak nedochází k znečištění půdy chemikáliemi. (Hlavínek & kol., 2007, Šálek, 2008).

Mezi další způsob využití srážkové vody patří zelené střechy. Zelené střechy plní řadu funkcí, jsou nejen pohledovou záležitostí, ale mají i další výhody. Prodlužují životnost střešní konstrukce, nepodléhají degradaci UV záření, odpařující se voda v letních měsících ochlazuje konstrukci střechy a v zimě má vrstva zeminy s vegetací izolační účinky. Zelené střechy mají výhradně retenční účinek. Zeleň může být extenzivní, tvořená nenáročnými rostlinami, bez nutnosti o ně pečovat anebo intenzivní, kdy je na střeše založena zahrada s možností pěstování keřů a stromů. Zde je ovšem nutné provedení doplňkového zavlažovacího systému. V odborné literatuře se rozlišují dvě skladby souvrství. První z nich je vícevrstvá skladba, která je tvořena oddělenou drenážní, filtrační a vegetační vrstvou. Další je jednovrstvá skladba, ta je tvořena vegetační vrstvou, která současně plní funkci drenážní a filtrační.

Při realizaci střechy je třeba zohlednit technické parametry jako je nosnost, sklon střechy, vlastnosti a hmotnost použitých materiálů, požadovaná akumulace vody, také nároky vegetace a s tím spojená orientace ke světovým stranám, včetně klimatických poměrů.

Skladba zelené střechy vychází ze stejných zásad, jaké jsou uplatňovány u konstrukcí jiných typů střech. Základem pro zelenou střechu je nosná střešní konstrukce, parozábrana, tepelná izolace, hydroizolace, geotextilie, hydroakumulační a zároveň drenážní vrstva, filtrační vrstva z geotextilie a v poslední řadě vrstva substrátu s vegetací. (Šimečková, Večeřová, 2010, Havlínek a kol. 2007)

V tiskové zprávě Ministerstva životního prostředí byl uveden program Nová zelená úsporám, který poskytuje dotace na zelené střechy a na pořízení nádrží na dešťovou i šedou vodu a to nejen pro fyzické osoby, ale i pro nemocnice, školy nebo úřady. Také se v legislativní oblasti zvažuje zpřísnění povinnosti řešit srážkové vody přednostně zasakováním na vlastním pozemku, která je již nyní stanovena v předpisech stavebního práva. (Tisková zpráva MŽP 2018)

V jímání a následném užití dešťových vod je spatřován potenciál ke snížení odtoku vody z urbanizovaných území. Jedním z dalších prostředků využívání a ochrany vodních zdrojů jsou i legislativní opatření a požadavky na snižování odběru vody. (Říha 2014)

### **5.2.2 Znečištění dešťové vody**

V současné době se nejvíce využívá zachycování dešťové vody ze střech. Takto zachycená dešťová voda je nejčastěji znečištěna prachem, pylem, listím, uvolněným mechem a ptačím trusem. Tyto nečistoty ovlivňují kvalitu vody jen nepatrně, zato hodnota dusičnanů je překračována ve velkém množství. Kvalita dešťové vody je také ovlivněna sloučeninami síry a dusíku, které se dostávají do ovzduší při spalování topného oleje, plynu a uhlí, kdy může hodnota pH klesnout až pod 4,0. PH dešťové vody je ovlivněno kontaktem s betonem, kdy pH může stoupnout až na 7. (Böse 1999)

Z neošetřených kovů například mědi, zinku nebo olova, použitých na střechy, fasády domů a na klempířské prvky se do odtékající vody s tzv. prvním splachem

uvolňují vysoké koncentrace těžkých kovů. Z těchto důvodů nejsou tyto plochy vhodné pro zachytávání dešťových vod stejně tak jako střechy osinkocementové, střechy kryté dehtovanou lepenkou nebo zatravněné. Dále nejsou vhodné zachytné plochy silně znečištěné například holubím trusem nebo plochy u hlavních dopravních komunikací. (Böse 1999, TNV 75 9011, 2013)

Další plochy, kde se sleduje míra znečištění, jsou komunikace pro chodce a cyklisty. Povrch bývá znečištěn hlínou šterkem, pískem, listím, odpadky, či zbytky vegetace a zvířecími exkrementy. Výkaly a moč zvířat jsou zdrojem bakteriálního znečištění, hlavně koliformních bakterií a streptokoků. V zimním období je nutné počítat i s použitím posypových materiálů a soli. Stejně tak je nutné přistupovat k posouzení možného znečištění účelových komunikací zemědělských areálů s ohledem na doplňování pohonných hmot, uskladňování a manipulaci s kejdou a močůvkou, hnojivy a pesticidy. Obecně lze míru znečištění srážkové vody z různých typů ploch rozdělit na nízkou, střední a vysokou. (TNV 75 9011, 2013, Butler, 2004)

Typ plochy	Míra znečištění srážkových vod	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vegetační střechy</li> <li>- Střechy z inertních materiálů</li> <li>- Střechy s plochou neošetřených kovových částí do 50 m<sup>2</sup></li> <li>- Komunikace pro chodce a cyklisty</li> <li>- Málo frekventovaná parkoviště osobních aut</li> <li>- Málo frekventované pozemní komunikace<sup>a</sup> (příjezdy k domům)</li> </ul>		nízká
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Střechy s plochou neošetřených kovových částí 50 m<sup>2</sup> až 500 m<sup>2</sup></li> <li>- Středně frekventované pozemní komunikace<sup>b</sup></li> <li>- (Vysoce) frekventovaná parkoviště (osobní auta a autobusy)</li> </ul>		střední
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Střechy s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m<sup>2</sup></li> <li>- Vysoce frekventované pozemní komunikace<sup>c</sup></li> <li>- Plochy u skladišť, manipulační plochy</li> <li>- Komunikace zemědělských areálů</li> <li>- Parkoviště nákladních aut<sup>d</sup></li> </ul>		vysoká

**Tabulka 1 - Orientační klasifikace znečištění srážkových vod z hlediska znečištění nerozpuštěnými látkami, těžkými kovy a uhlovodíky**

Zdroj: TNV 75 9011, 2013

### 5.2.3 Čištění dešťové vody

Dešťové málo znečištěné vody, většinou ze střech, vyžadují oddělené odvádění přes jednoduchá čistící zařízení do nádrže, ostatní znečištěné dešťové vody, převážně z komunikací, kladou větší nároky na čištění. (ČSN 75 6780, 2012)

Při zachycování srážkové vody ze střech objektů, je vhodné dešťové svody doplnit filtračním sběračem, který zadržuje hrubší i jemnější nečistoty, ovšem je nutné počítat se snížením zisku dešťové vody asi o 10% a tuto skutečnost zohlednit při dimenzování zařízení. Dalším filtračním zařízením je vířivý jemný filtr, který se vestavuje do země a může být oproti filtračnímu sběrači ve svodu využíván i v zimě, když mrzne. Pro čištění lze použít šachtový filtr, filtrační desku, jemný filtr v tlakovém potrubí čerpadla. Pokud jsou kladeny zvýšené požadavky na odstranění mikrobiálních zárodků lze vodu dodatečně sterilizovat UV zářením. (Böse 1999)

#### **5.2.4 Zařízení pro využití srážkových vod**

Zařízení pro využití srážkových vod musí zahrnovat nejméně jednu akumulární nádrž umístěnou nad zemí nebo pod ní. Použité materiály nesmí mít negativní vliv na jakost akumulované vody a životní prostředí. Požadavkem je, aby materiály byly z neprůsvitného materiálu, odolné proti UV záření, korozi včetně jejich součástí. Po celou dobu životnosti nádrže a jejich komponentů je nezbytné, aby vybraný materiál odolával teplotním rozsahům, hodnotám pH až 5. (ČSN EN 16941-1, 2018, prEN 16941-2, 2017)



## **6 Dimenzování**

Před návrhem zařízení na využití šedých a dešťových vod je důležité stanovit množství produkce těchto vod, stejně tak spotřebu provozní vody a stanovení objemu potřebných nádrží. (ČSN 75 6780, 2012)

### **6.1 Spotřeba vody**

V domácnostech se spotřebuje přibližně 30% provozní vody pro splachování záchodů, v komerčních budovách se spotřeba pohybuje kolem 60%. Produkce šedé vody činí v domácnostech kolem 55% a v komerčních budovách je to asi 27%. V závislosti na místě vzniku šedé vody se její produkce pohybuje od 57 do 111 litrů za den. (Šálek a kol. 2012)

Zároveň je důležité si uvědomit, že podle použitých spotřebičů se liší i množství spotřebované vody. Při použití spořicích sprchových hlavice a takzvaných perlátorů se snižuje spotřeba vody až o 60%. Existuje celá řada návodů a doporučení jak omezit plýtvání s vodou. Často se jedná o drobnosti, ale pokud si je člověk osvojí, výsledkem bude nejen finanční úspora, ale i uvědomění si, že voda je vzácná surovina, ke které je třeba se i tak chovat. Změna v našem myšlení tím povede k ochraně přírodních zdrojů. (prEN 16941-2, 2017, Dolečková 2018)

### **6.2 Potřeba vody provozní vody**

Při plánování potřeby vody se podle dosavadní praxe vychází z potřeby vztažené k určitému časovému období v minulosti, které pokračuje v přítomnosti a má návaznost na budoucnost. Potřeba vody není konstantní, je závislá na klimatických, hospodářských a místních podmínkách. Potřeba vody je množství vody příslušné kvality, které je nezbytné pro příslušný účel. (Říha 2014)

### **6.3 Produkce šedé a dešťové vody**

Objem vyprodukované šedé vody lze stanovit měřením, ale protože je tento způsob většinou těžko proveditelný, lze objem produkce šedé vody stanovit dvěma metodami, podle toho, jaké jsou známy údaje o produkci šedé vody.

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

Objem vyprodukované šedé vody ( $Q_{prod}$ ), v l/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, podle tabulky č. 2,

$n_{mj}$  počet měrných jednotek stejného druhu (viz tabulku č. 2),

$m$  počet druhů měrných jednotek.

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.			

**Tabulka 2 - Produkce šedé vody v různých budovách**

Zdroj: ČSN 75 6780, 2012

Pokud není produkce šedé vody na měrnou jednotku a den ( $q_{prod}$ ), v l/den, známa, může se stanovit podle vztahu

$$q_{prod} = \sum_{i=1}^j q_{c,i} \cdot n_c$$

**Kde:**

$q_c$  - je produkce šedé vody pro příslušnou činnost, v l, podle tabulky č 3,

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

$j$  - počet druhů činností prováděných během dne.

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>
Koupel 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.	

**Tabulka 3 - Produkce šedé vody podle činností**

Zdroj: ČSN 75 6780, 2012

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

Objem vyprodukované šedé vody ( $Q_{prod}$ ), v l/den, se může stanovit podle vztahu

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

**Kde:**

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

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

### 6.3.3 Stanovení ročního zisku dešťové vody

Dlouhodobý srážkový normál je důležitý údaj pro stanovení ročního zisk dešťové vody 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 č. 5,

$h_r$  - průměrný roční úhrn srážek, v mm, viz tabulka č. 4,

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

<b>Kraj</b>	<b>Dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 (mm)</b>
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

**Tabulka 4 - Dlouhodobý srážkový normál v České republice 1961-1990 (mm)**

Zdroj: ČSN 75 6780, 2012

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

**Tabulka 5 - Součinitelé využití dešťové vody  $\psi_d$**

Zdroj: ČSN 75 6780, 2012

## 7 Metodika

V teoretické části literární rešerše jsou zdroje čerpány z odborné literatury, zákonů, technických norem a internetových zdrojů. Na základě těchto zdrojů bylo možné získat informace k tématům dešťových a šedých vod, o jejich znečištění, čištění a specifickým požadavkům na jejich zadržování a skladování. Bylo čerpáno i z normy EN 16941-2 Systémy pro použité ošetřené šedé vody, která byla v září 2017 přeložena členům CEN k šetření a zatím není schválena.

Pro praktickou část práce byly potřebné podklady získány na oddělení správy majetku a.s. Paramo. Předmětem těchto podkladů je projektová dokumentace k danému víceúčelovému objektu, kde je uvedena navrhovaná kapacita objektu včetně vyčíslení předpokládané spotřeby vody. Tyto předpoklady byly porovnány se současnou spotřebou. Mezi další zdroje použité v praktické části patří internetové zdroje pro zjištění aktuálních cen vodného a stočného, průměrné srážkové činnosti a také byly použity informace z katastru nemovitostí.

Praktická část se zabývá návrhem hospodaření s dešťovou a šedou vodou ve víceúčelové budově Paramo a.s. Pardubice, kde se nachází šatny, sprchy, toalety pro 240 zaměstnanců. Pro tuto víceúčelovou budovu byly navrženy tři varianty nakládání s odpadní vodou. V první variantě byla dešťová voda využita na splachování toalet. Druhá varianta nabízí splachování toalet šedou vodou ze sprch a umyvadel a třetí variantou se zabývá využitím zbylé šedé a nevyužité dešťové vody na chlazení výrobní technologie provozu.

## **8 Řešení hospodaření s dešťovými a šedými vodami pro vybraný objekt**

### **8.1 Představení lokality**

Akciová společnost Paramo Pardubice je strategicky umístěná rafinerie nedaleko vody, železnice a rozvětveného průmyslu. Usazování prvních kotlů a kladení potrubí začalo na jaře roku 1889. Další významný rozvoj Parama nastal ve čtyřicátých letech dvacátého století a poslední velké zvýšení výroby nastalo v září 1973, kdy byla uvedena do provozu nová atmosférická destilace ropy. V Paramu se zpracovává surová ropa, vyrábí se zde zejména různé druhy olejů, maziva, chladicí emulze a asfaltové výrobky. Významným mezníkem v historii společnosti Paramo byl rok 2005, kdy se stala součástí největší středoevropské rafinérské a petrochemické skupiny PKN Orlen. (Paramo Unipetrol group)

Rafinerie se rozkládá na přibližně 400 000 m<sup>2</sup> plochy, která je z velké části zastavěna provozními technologiemi, halami, sklady, skladovacími nádržemi a administrativními budovami. V Paramu jsou v 80% zpevněné plochy silnic, chodníků, parkovišť, překladních prostor, železničních tratí, zeleň se zde nachází jen v omezeném množství. Jsou zde travnaté pásy mezi provozy, místy jsou zbytky lesního porostu a částí podniku protéká Jesenčanský potok.



**Obrázek 3 - Situační plánec areálu Paramo a.s.**  
Zdroj: geoportal.cuzk.cz

Návrh na hospodaření s dešťovou a šedou vodou bude řešen ve třech variantách. V první variantě se bude dešťová voda akumulovat a využívat na splachování toalet v celé budově. Ve druhé variantě bude šedá voda využívána na splachování toalet. Ve třetí variantě se šedá voda využije na splachování toalet a její přebytek společně s dešťovou vodou z víceúčelové budovy bude použit na chlazení výrobní technologie. Pro návrh systému hospodaření s odpadními vodami byla vybrána jednopatrová, víceúčelová budova, která má plochou střechu pokrytou živičnou krytinou z modifikovaných pásů. V přízemí budovy se nachází závodní kuchyň, jídelna a technické místnosti, 4 toalety, 4 umyvadla a v prvním patře se nachází kanceláře a šatny pro 240 zaměstnanců. Je zde 14 toalet, 10 sprch, 15 umyvadel a 4 pisoáry. Nepitná voda bude využívána z umyvadel a sprch v prvním patře a následně bude využita pro potřeby splachování toalet v celé budově. Šedé vody z kuchyně jsou odváděny samostatně přes tukový filtr do jednotné kanalizace olejových vod.

Kanalizace olejových vod jímá veškerou odpadní vodu z celého podniku. Jedná se o vody splaškové, dešťové, provozní vody z technologií. Olejová kanalizace ústí do podnikové čistírny odpadních vod, kde se odpadní voda čistí od olejového a ropného znečištění gravitačním odlučovačem a následně flotací. Takto předčištěná odpadní voda prochází Venturiho žlabem, kde se měří průtok a tím se stanoví cena stočného a následně odchází do biologicko-chemické čistírny odpadních vod Semtín. Venturiho žlab každé dva roky prochází revizí a je kalibrován.

## **8.2 Stanovení specifické potřeby vody na splachování a objemu srážek**

V první řadě je nutné stanovit specifickou potřebu vody ke splachování toalet, a úhrn srážek.

### **8.2.1 Stanovení specifické potřeby vody na splachování toalet**

Pro návrh objemu nádrže na šedou vodu je potřeba stanovit specifickou potřebu vody na splachování. Při stanovení potřeby bylo počítáno, že ve víceúčelové budově pracuje 38 zaměstnanců, kteří budou využívat toaletu čtyřikrát za den. Dále bylo počítáno s 240 směnovými zaměstnanci, kteří použijí toaletu na začátku a konci pracovní doby. Ve víceúčelové budově se nachází kuchyň, kde se stravuje kolem 500 zaměstnanců denně. Při výpočtu bylo pracováno s faktem, že každý druhý zaměstnanec použije při návštěvě jídelny toaletu.



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

Kde:

$q_o$  - splachovací objem podle navržených splachovačů nebo orientačně dle tabulky,

$p$  - počet použití jednou osobou během dne,

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

Využití toalety	Splachovací objem (l)	Počet použití během dne	Počet měrných jednotek	Potřeba nepitné vody (l)
	$q_o$ (l)	$p$	$n$	$Q_{wc}$ (l)
WC zaměstnanců směnového provozu	6	1	240	1 440
	3	1	90	270
	2	1	150	300
Pisoáry jídelna	2	1	100	200
WC jídelna	6	1	50	300
	3	1	100	300
WC zaměstnanci víceúčelové budovy	6	1	38	228
	3	3	38	342
CELKEM				3 380

**Tabulka 6 - Stanovení specifické potřeby vody na splachování**

### 8.2.2 Stanovení objemu srážek

Na základě údajů z let 1996 až 2018 ČHMÚ meteostanice Pardubice – Popkovice byly zjištěny průměrné měsíční úhrny srážek v Pardubicích a následně byl vypočten objem srážek spadlých na víceúčelovou budovu s odtokovým součinitelem 0,8.

<b>Víceúčelová budova 1170 (m<sup>2</sup>)</b>				
Měsíc	Průměrný měsíční úhrn srážek (mm)	Objem srážek spadlých na budovu (m <sup>3</sup> )	Součinitel odtoku 0,8	Průměrný denní objem srážek (l)
leden	32	37,44	29,95	966
únor	26	30,42	24,34	869
březen	34	39,78	31,82	1 026
duben	28	32,76	26,21	874
květen	29	69,03	55,22	1 782
červen	60	70,20	56,16	1 872
červenec	75	87,75	70,20	2 265
srpen	59	69,03	55,22	1 782
září	44	51,48	41,18	1 373
říjen	32	37,44	29,95	966
listopad	30	35,10	28,08	936
prosinec	31	36,27	29,03	936
	Roční úhrn srážek (mm)	Roční objem srážek (m <sup>3</sup> )	Roční objem srážek (m <sup>3</sup> )	Průměrný denní objem srážek / rok
	510	596,70	477,36	1 304

**Tabulka 7 - Roční objem srážek spadlých na budovu**

### 8.3 Návrh na hospodaření s dešťovou vodou

Objem průměrných ročních srážek spadlých na budovu o rozloze 1 170 m<sup>2</sup> činí v 477,36 m<sup>3</sup> za rok. Pro realizaci projektu je potřeba 3 380 litrů provozní vody za den. Ke zcela vyváženému vztahu v tomto návrhu chybí 2 0766 litrů vody denně. V tomto případě je nutné dopouštění pitnou vodou. Při tomto deficitu dešťové vody by roční úspora pitné vody činila přibližně 476 000 litrů.

### **8.3.1 Koncepce řešení pro hospodaření s dešťovou vodou**

Při výběru velikosti zásobníku na akumulaci srážkových vod je třeba dbát na optimalizaci s ohledem na základní parametry, kam patří uvažovaná spotřeba vody, objemy srážek v daném regionu, velikost jímací plochy a v neposlední řadě se také sleduje 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)

Při návrhu objemu nádrže na dešťové srážky bylo počítáno s potřebou nepitné vody 3 380 litrů za den a tak byla vybrána nádrž o objemu 4 000 litrů. Jelikož průměrný denní objem srážek činí 1304 litrů je nutné systém doplňovat pitnou vodou.

### **8.3.2 Investiční náklady, návratnost investice**

Vstupní investicí pro tento návrh na hospodaření s dešťovou vodou je cena samonosné nádrže umístěné v technické místnosti přízemí budovy, včetně filtru a čerpadla pro rozvod nepitné vody do splachovacích nádržek toalet, potrubí na dešťovou vodu a rozvody nepitné vody.

Cena nádrže včetně filtru a čerpadla byla stanovena dle ceníku firmy ASIO TECH, spol. s r.o. na částku 52 500,- Kč bez DPH. Rozvod nepitné vody z PPR trubek a přibližné délce 100 m byla určena na základě internetového ceníku firmy Besta Zápy s.r.o. na částku 12 000,- Kč bez DPH. Nové napojení dešťových svodů HT odpadním systémem o délce 85 m od stejné firmy bylo vyčísleno na 20 000,- Kč bez DPH. Cena prací z důvodu složitějších stavebních úprav nových svodů dešťové vody byla stanovena na 100% z ceny projektu. Celkové náklady na pořízení systému pro hospodaření s dešťovými vodami včetně dokumentace, stavebních a montážních prací činí přibližně 205 000,- Kč bez DPH.

Po výpočtu nákladů na vodné a stočné na potřeby splachování dle podkladů z internetových stránek Vodovodů a kanalizací Pardubice a.s., kdy cena za vodné činí 38,90 Kč bez DPH a stočné 42,30 Kč bez DPH za jeden m<sup>3</sup>, bude úspora vody při využití dešťové vody o objemu 477,36 m<sup>3</sup> za rok 38 762,- Kč bez DPH. Návratnost této investice se pohybuje okolo necelých 5,5 let.

## 8.4 Návrh na hospodaření s šedou vodou

Pro realizaci druhého návrhu je potřeba stanovit produkci šedé vody, navrhnout vnitřní kanalizaci na šedé vody, technologii čištění, velikost akumulární nádrže a vnitřní vodovod nepitné vody.

### 8.4.1 Produkce šedé vody

Pro návrh objemu nádrže na šedou vodu je potřeba znát maximální denní produkci šedé vody. V objektu víceúčelové budovy bude využita upravená šedá voda na splachování toalet. Hodnota produkce šedé vody byla určena na základě vzorce z normy ČSN 75 6780. Při výpočtech stanovení produkce šedé vody bylo počítáno s využíváním sprch 240 zaměstnanci a umyvadel v prvním patře budovy.

Při výpočtu bylo pracováno s faktem, že se každý zaměstnanec vysprchuje po ukončení pracovní směny a na začátku a konci směny použijí toaletu a umyjí si ruce. Dále bylo počítáno, že si každý zaměstnanec kanceláří ve víceúčelové budově po použití toalety umyje ruce. Produkce šedé vody jen z mytí rukou tedy v tomto případě činí 1 740 litrů za den.

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

Kde:

$q_{\check{c}}$  - produkce šedé vody pro příslušnou činnost

$n_{\check{c}}$  - počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne

$j$  - počet druhů činnosti prováděných během dne.

Druh činnosti	Produkce šedé vody pro příslušnou činnost	Počet činností stejného druhu	Denní množství vyprodukované šedé vody (l)
	$q_c$ (l)	$n_c$	
Mytí rukou	3	580	1 740
Sprechování	50	240	12 000
Celkové množství vyprodukované šedé vody			13 740

## **Tabulka 8 - Produkce šedé vody podle činností**

### **8.4.2 Koncepce řešení pro hospodaření s šedou vodou**

Separovaná šedá voda bude odebírána ze sprch a umyvadel v prvním patře budovy. Jedná se celkem o 10 sprch a 15 umyvadel. Šedá voda bude po přečištění rozváděna na 14 toalet a 4 pisoáry. Pro tyto účely je třeba navrhnout nové rozvody vnitřní kanalizace na šedé vody, vnitřního vodovodu nepitné vody, velikost akumulární nádrže a technologii čištění.

V našem případě byla navržena čistírna šedé vody s kapacitou 3 600 litrů za den z důvodu potřeby 3 380 litrů provozní vody. Součástí nádrže je bezpečnostní přepad, který je napojen na splaškovou kanalizaci, která ústí do kanalizace olejových vod a následně je svedena na čistírnu odpadních vod podniku Paramo a.s. Po úpravě šedé vody bude z retenční nádrže nově vybudovaným vnitřním vodovodem pomocí čerpadla nepitná voda rozváděna do splachovacích nádržek toalet. (ASIO)

### **8.4.3 Investiční náklady, návratnost investice**

Investičními náklady pro projekt recyklace šedých vod ve víceúčelové budově jsou nově navržené rozvody nepitné vody z PPR trubek a přibližné délce 85 m na základě internetového ceníku firmy Besta Zápý s.r.o., které byly stanoveny na částku 12 000,- Kč bez DPH. A dále nová oddělená vnitřní kanalizace HT odpadním systémem o délce 35 m od stejné firmy, byla cena stanovena na 6000,- Kč bez DPH. Nemałym investičním nákladem je samotná technologie. Po konzultaci s odborníkem na projekty šedých vod firmy Asio byla doporučena tato technologie. AS-GW/AQUALOOP 72 je kompaktní čistírna šedých vod, jejichž typové prvky jsou výhodně kombinovatelné, vhodné jak pro novostavby, tak i pro rekonstrukce. Její cena je vyčíslena na částku 470 000,- Kč. Tři kusy plně automatické provozní a monitorovací jednotky s čerpadlem, řídicí jednotkou a integrovaným systémem pro přepojení na pitnou vodu z řádu RAINMASTER FAVORIT 40 SC stojí 166 000,- Kč a sekundární hygienické zabezpečení stojí 54.000,- Kč. Jedná se o dvě samonosné nadzemní nádrže. Technologie vyčistí 3,6 m<sup>3</sup>/den. Celková cena technologií byla firmou ASIO TECH, spol. s r.o. stanovena na částku 690 000,- Kč bez DPH. Dále je nutné započítat náklady na dopravu, montáž, stavební práce

a náklady na dokumentaci, které budou činit 250 000,- Kč bez DPH. Orientační úhrnné náklady na tento projekt jsou vyčísleny na částku 958 000,- Kč bez DPH.

Po propočtu nákladů na vodné a stočné na potřeby splachování, kdy cena za vodné činí 38,90 Kč a stočné 42,30 Kč za jeden m<sup>3</sup> bez DPH, je při využití šedé vody ze sprch a umyvadel úspora 100 176,-Kč bez DPH za rok. Návratnost této investice se bude pohybovat okolo 9,5 let. Ve výpočtu není zohledněno zvyšování ceny pitné vody, které by celkovou dobu návratnosti snížilo, ale ani provozní náklady na provoz zařízení, které by naopak dobu návratnosti prodloužilo.

## **8.5 Návrh na chlazení technologií v provozu**

Pro účely chlazení technologií jednoho provozu je každý den čerpána užitková voda z řeky Labe o objemu 20 až 30 m<sup>3</sup> do bazénu chladicí věže o kapacitě 100 m<sup>3</sup>. Tato voda prochází pískovou filtrací a následně se stabilizuje.

### **8.5.1 Účel chlazení, chemická úprava chladicí vody**

Účelem chladicího okruhu je chlazení produktů nebo zařízení na provozní nebo skladovací teploty. Aby nedocházelo k snižování účinnosti chlazení zanášením usazeninami, nebo nadměrnou korozí je chladicí okruh chemicky ošetřován. Pro dosažení požadovaného výsledku musí být chladicí okruh pod stálou kontrolou. Kontrola spočívá ve sledování a vyhodnocování vodivosti chladicí vody a řízené dávkování chemikálií do chladicí vody. Chladicí voda je chemicky upravována pro možnost vyššího povoleného zahuštění chladicí vody a lepší ochranu zařízení před tvorbou inkrustací a řas.

Odebraná voda z Labe je čištěna pískovým filtrem. Náplň filtru je křemičitý písek o zrnění 1 – 1,6 mm. Další důležitou součástí je řídicí jednotka LMI. Je to digitální měřič vodivosti osazený mikroprocesorem, elektronikou, displejem a ovládacími tlačítky propojeným s vodivostní sondou. Vodivostní sondou protéká část chladicí vody z chladicího okruhu, sonda změří vodivost a jednotka LMI tuto veličinu vyhodnotí a na základě svého vyhodnocení průtoku dopouštěné vody z hydrantové sítě spouští dávkovací čerpadla chemikálií na úpravu chladicí vody.

Mezi chemické látky na úpravu vody patří inhibitory - látky zpomalující nebo zcela zastavující reakce například koroze, biocidy - látky k hubení, tlumení nebo omezování růstu škodlivých organismů a speciální dispergenty.

Částečným odpařováním chladicí vody na věži dochází ke změně jejího chemického složení, kdy se rozpuštěné soli postupně koncentrují a tím se zvyšuje přirozená korozní agresivita chladicí vody. Tyto látky vykazují inverzní závislost rozpustnosti na teplotě, proto vytvářejí tvrdé inkrusty především na teplosměnných plochách a zhoršují tak přestup tepla a účinnost chlazení. Při nedostatečném ošetření chladicí vody mohou vznikající korozní produkty o malých průměrech a zanášet rozvodné kanálky chladicí vody. V neošetřovaném okruhu je vysoké nebezpečí vytváření tvrdých inkrustací a velice rychlý rozvoj mikroorganismů, které zanášejí teplosměnné plochy mikrobiálními i minerálními nánosy.

Labská voda z hydrantové sítě je na provoz dopravována čerpadly přes dvojici pískových filtrů kde se odstraní mechanické nečistoty. Poté je voda přes regulační ventil doplňována do bazénu chladicí věže. Chladicí voda o teplotě cca 10 – 30 °C je z bazénu čerpána cirkulačními čerpadly do jednotlivých částí provozu. Oteplená voda se vrací o teplotě cca 20 – 50 °C zpět přes chladicí věž do bazénu chladicí věže. (Paramo a.s.)

### **8.5.2 Koncepce řešení pro chlazení technologií v provozu**

Celkové množství vyprodukované šedé vody činí 13 740 litrů za den, pro účely splachování toalet a pisoárů se využije 3 380 litrů. Zbylých 10 360 litrů bude využito jako provozní voda na chlazení objektů v provozu. Jelikož je bazén chladicí věže dopouštěn denně průměrně 25 000 litry vody, není zde dosaženo vyváženého stavu. Z tohoto důvodu je výhodné na chlazení využít i dešťové vody z víceúčelové budovy a tím se navýší objem v průměru o dalších 1 304 litrů na 11 664 litrů za den.

Po konzultaci s pracovníkem firmy Asio byla navržena technologie, která dokáže přefiltruje 15 m<sup>3</sup> šedé vody za den a k tomu jedna menší akumulární nádrž na 3,6 m<sup>3</sup>, ze které se použije vyčištěná šedá voda na splachování toalet. Přebytek vyčištěné vody bude sveden přepadem do druhé akumulární nádrže, do které bude také svedena dešťová voda přes filtr a úpravnu vody.

### 8.5.3 Investiční náklady, návratnost investice

Investičními náklady pro projekt recyklace šedých vod ve víceúčelové budově, které budou využity ke splachování toalet a jejíž přebytek spolu se zadržanou dešťovou vodou z dané budovy, bude využit na chlazení objektů v provozu, byla firmou ASIO TECH, spol. s r.o. vyčíslena na částku 1 756 000,- Kč bez DPH. Patří sem cena nově navržených rozvodů vnitřní oddělené kanalizace, vnitřního rozvodu pro nepitnou vodu, nových svodů dešťové vody, které budou řešeny stejně jako u předchozích varianty splachování šedou vodou a vyčíslené na základě ceníku firmy Besta Zápy s.r.o. na částku 38 000,- Kč. Samotná technologie AS-GW/AQUALOOP 300 s akumulací nádrží o objemu 3,6 m<sup>3</sup> stojí 1 070 000,- Kč. Tři RAINMASTER FAVORIT 40 SC jsou vyčísleny na 166 000,- Kč, sekundární hygienické zabezpečení na 54.000,- Kč, 3x REWA Kombi 15 ER S na 383 000,- Kč. Filtrace a úprava dešťové vody stojí 45 000,- Kč. Technologie vyčistí 15 m<sup>3</sup>/den. Do konečné ceny je nutné započítat náklady na připojení rozvodu ke chladicí věži přes stávající potrubní mosty ocelovou zateplenou trubkou. Délka potrubí bude přibližně 100 m. Cena potrubí se zateplením a montáží podle informací vedoucího investic údržby se stanovila na 90 000,-Kč. Dále se musí počítat s cenou za dopravu, montáž, stavební práce a náklady na dokumentaci ve výši 350 000,- Kč. Orientační úhrnné náklady pro tento projekt činí 2 196 000,- Kč bez DPH.

Při využití šedých a dešťových vod by se snížily náklady na chemickou úpravu chladicí vody, ale zároveň za odběr vody z Labe. Pro představu za jeden m<sup>3</sup> odčerpané vody z Labe je účtováno 4,50 Kč. Roční náklady za samotnou odebranou vodu pro jednu chladicí věž se pohybují okolo 41 000,- Kč. Roční úspora by tak činila přibližně 21 000,- Kč. Dále by se ušetřilo 180 086,- Kč za stočné šedé i dešťové vody. Celková roční úspora činí 201 086,- Kč. V této sumě není započítána úspora za chemii na úpravu chladicí vody. Všechny ceny jsou uvedeny bez DPH.

Návratnost této investice se bude pohybovat okolo 11 let. Ve výpočtu není zohledněno zvyšování ceny stočného, které by celkovou dobu návratnosti snížilo, ale ani provozní náklady na provoz zařízení, které by naopak dobu návratnosti prodloužilo.



## 9 Diskuse

Trendem poslední doby se stává ochrana životního prostředí. Hlavním cílem je snaha v urbanizovaných územích, a nejen tam, se co nejvíce přiblížit přírodnímu cyklu koloběhu vody. Součástí tohoto trendu je i hospodaření s dešťovou vodou a využívání šedé vody, které se v České republice dostalo do podvědomí veřejnosti teprve v posledních letech. Významným posunem v hospodaření s dešťovou vodou jsou dvě nově vzniklé normy ČSN 75 90 10. Vsakovací zařízení srážkových vod (2012) a TNV 75 9011, která řeší hospodaření se srážkovými vodami (2013). Dalším pokrokem pro návrat dešťové vody do přirozeného koloběhu vody je ustanovení v zákoně č. 183/2006 Sb., kdy musí být při vymezení nového stavebního pozemku postupováno tak, aby bylo vyřešeno vsakování dešťové vody anebo její retence před tím, než bude svedena do vodního toku nebo kanalizace.

V dnešní době je snaha dešťovou vodu co nejrychleji odvést do kanalizace a tím dochází k narušování hydrologického cyklu vody. Dle mého názoru je důležité poukázat na možnosti decentralizovaného nakládání s odpadní vodou. Jedná se zejména o zadržení, využití, recyklaci a v poslední řadě až odvedení vody do kanalizační sítě. Toto hospodaření přispívá k šetření pitné vody a napomáhá ke zlepšení hydrologických podmínek.

Za motivační prvek považuji dotační program pro efektivní hospodaření s dešťovou vodou zvaný Dešťovka, který připravilo v dubnu 2017 Ministerstvo životního prostředí. Jeho cílem je motivovat občany k efektivnímu a udržitelnému hospodaření s vodou v domácnostech až padesáti procentní dotací. (Redakce, MŽP, ČTK 2017)

Motivací k hospodaření s dešťovými vodami a využití šedých odpadních vod nebude z důvodu vysokých investičních nákladů ekonomické hledisko, ale spíše hledisko ekologické. V podstatě z jakékoliv zpevněné plochy či budovy lze zachytávat srážkovou vodu. Jak uvádí ve své knize Hlavínek a kol., 2007 je realizace zařízení určených pro hospodaření s dešťovou vodou lehčí u novostaveb než ve stávající zástavbě. Především v městském prostředí často není dostatek prostoru pro vybudování akumulčních nádrží či zařízení pro vsakování. V České republice

jsou k myšlence využívání a hospodaření s dešťovou vodou více motivovány subjekty, které podle prováděcí vyhlášky č. 428/2001 Sb. k zákonu č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích musí platit poplatek za odvod dešťové vody. Jsou to majitelé nemovitostí, v nichž je prováděna podnikatelská činnost, výjimku tvoří plochy železnic, silnic, zoologické zahrady a také nemovitosti určené k trvalému bydlení.

Shoduji se s názorem, že v České republice zatím není veřejnost připravena hospodařit s šedými vodami, v první řadě řeší ekonomickou stránku, nikoliv problém s nedostatkem vody. Napomoci by k tomu měla norma ČSN 75 6780 z roku 2012 o využívání šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích, která reaguje na současné trendy v úsporách vody a dále je v projednání návrh normy EN 16941-2 Systémy pro použité ošetřené šedé vody, který byl v září 2017 přeložen členům CEN k šetření. O využívání a hospodaření s šedými vodami nejvíce společnost velkým zájem z důvodu vysokých cen technologií, nutnosti zavedení nového rozvodu vody a kanalizace v nemovitosti a vyčlenění prostor pro nainstalování úpravní vody k jejímu hygienickému zabezpečení. A zde spatřuji největší problém, proč je dosud tak minimální zájem o její hospodaření. I když jsou šedé vody nazývané podle EN 12056 jako splaškové odpadní vody, které neobsahují fekálie a moč, nikdy nelze zaručit, že nebude znečištěna fekáliemi. Z tohoto pohledu, jak uvedl pro časopis *Slovak hygienik* MUDr. František Kožíšek, CSc. nelze na šedé vody nahlížet jen jako na mírně znečištěné a zdravotně nezávadné. Při její úpravě je tedy důležité se zabírat hlavně dezinfekcí a snížením organického zatížení, aby taková voda nebyla vhodným prostředím pro šíření mikroorganismů a zdrojem zápachu.

Myslím si, že nedůvěra k hygienickému zabezpečení a obavy z možné nákazy jsou při znovu použití šedé vody ke splachování toalet, kdy nedochází ke kontaktu a při dodržení předepsaných postupů a norem, neopodstatněná. Pro realizaci systémů hospodaření s dešťovými vodami je zapotřebí především dostatečná informovanost a vzdělanost.

## 10 Závěr

Prostřednictvím této bakalářské práce je snaha přiblížit problematiku hospodaření s dešťovou a šedou vodou, popsat možnosti jejího využití a poukázat na výhody i nevýhody těchto systémů. Výhodou je bezesporu úspora pitné vody. Za nevýhody lze považovat značné náklady na pořízení technologií a instalaci.

V úvodu literární rešerše je definována role vody a její koloběh v přírodě. Důležitým bodem je zřehlednění stávající legislativy, kde jsou uvedeny základní právní normy a předpisy zabývající se touto problematikou. V další části práce jsou shrnuty možnosti využití odpadních vod, způsoby jejich čištění, úpravy a stanovení množství produkce těchto vod a spotřebu provozní vody včetně dimenzování systémů.

V praktické části bylo navrženo hospodaření s dešťovou a šedou vodou ve třech variantách na konkrétním objektu, kterým je víceúčelová budova a následně porovnány investiční náklady a jejich návratnost. Pro první variantu bylo navrženo splachování toalet dešťovou vodou. Dešťové srážky nepokryly potřeby vody, a proto bylo přistoupeno k doplňování nádrží pitnou vodou.

V druhé variantě bylo navrženo hospodaření s šedou vodou, její využití ke splachování toalet. Zisk šedé vody, která by vznikala při používání sprch a umyvadel, by dostatečně pokryl potřebu pro splachování toalet. Doba návratnosti tohoto řešení je 9,5 let.

Přebytek šedé vody včetně dešťové vody spadlé na budovu se použije na chlazení objektů v provozu, což je třetí varianta, jak využít šedé a dešťové vody.

Tato třetí varianta se zná být finančně i technicky nejnáročnější. Při pohledu do budoucnosti ji lze označit z hlediska ekologického i ekonomického za přijatelnou a to hlavně z důvodu úspory pitné vody při splachování toalet, úsporu nákladů za odpadní vody a náklady za vodu na ochlazování objektů v provozu. Pokud by se uvažovalo o zadržování dešťových vod z okolních střech výrobních provozů, byla by úspora ještě větší.

Systemy na využití dešťových vod a šedých odpadních vod jsou prací navrženy a finančně vyčísleny. Součástí výsledků je ekonomické posouzení návratnosti vložených investic.

Na šedou a dešťovou vodu je třeba pohlížet jako na zdroj budoucnosti, nikoli jako na odpadní vodu a je třeba se s ní naučit zacházet.

## 11 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.

BUTLER, D. (2004): Urban drainage. Spon press, Abingdon, 546 s.

FRYER, J., 2012. Water Storage, How to Use Gray Water and Rainwater Systems, Rain Barrels, Tanks, and Other Water Storage Techniques for Household and Emergency Use. USA. ISBN 10:1-60138-363-0

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 zasakování. Ústav pro ekopolitiku o.p.s., Praha: 48 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.

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, Volume 456-457, Pages 287-298

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

Archis Ambulkar Jerry A. N., 2019: Čištění odpadních vod (online) [cit. 2019.10.23], dostupné z <<https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment#ref1098057>>.

Beránková M., 2017: Odpadní voda – odpad nebo poklad? (online) [cit. 2019.09.14], 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, 1996: 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. 2019.11.09], dostupné z <<https://www.econea.cz/blog/jak-na-usporu-energi-v-domacnosti-1-dil-voda/>>.

Geoportal, 2019: Geoportal.cuzk.cz, (online) [cit. 2019.11.12], dostupné z <<https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>>.

Hák T., 2014: Voda virtuální, přesto skutečná (online) [cit. 2019.12.01], 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 šetřílky (online) [cit. 2019.09.09], 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)>.

Mifková 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>>.

MIXA P., 2013: Česko mapuje zásoby podzemní vody. Za více než 600 milionů z Bruselu. (online) [cit. 2019.10.03], dostupné z <[http://www.rozhlas.cz/zpravy/veda/\\_zprava/cesko-mapujezasoby-podzemni-vody-za-vice-nez-600-milionu-z-bruselu--1206670](http://www.rozhlas.cz/zpravy/veda/_zprava/cesko-mapujezasoby-podzemni-vody-za-vice-nez-600-milionu-z-bruselu--1206670)>.

Paramo a.s., 2019: Paramo Unipetrol group, Pardubice, (online) [cit. 2019.09.15], dostupné z <<https://www.paramo.cz/CS/o-nas/Stranky/historie.aspx>>.

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., Bartoník A., 2012: Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich (online) [cit. 2019.09.12], 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. 2019.09.12], dostupné z: <<https://www.tzb-info.cz/2543-porovnani-centralizovaneho-a-decentralizovaneho-systemu-cistení-odpadnich-vod>>.

Redakce, MŽP, ČTK, 2017: MŽP vyhlásilo nový dotační program Dešťovka (online) [cit. 2019.10.23], dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/15679-mzp-vyhlasi-lovy-dotacni-program-destovka>>.

Tisková zpráva MŽP, 2018: Ministři dnes jednali o suchu, Brabec na Úřad vlády svolal odborníky na boj se suchem (online) [cit. 2019.09.20], dostupné z <[https://www.mzp.cz/cz/news\\_180829\\_sucho](https://www.mzp.cz/cz/news_180829_sucho)>.

USGS, 2019: Public domain, (online) [cit. 2019.11.12], dostupné z <[https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/oob-h-vody-water-cycle-czech?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/oob-h-vody-water-cycle-czech?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)>.

### **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.

### **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.

#### **Návody (manuály) příručky:**

Paramo a.s., 2009: Chemická úprava chladící vody provozu selektivní rafinace. Paramo a.s., Pardubice, 18 s.



## **12 Seznam obrázků**

Obrázek 1 Oběh vody.....	13
Obrázek 2 Průměrná spotřeba vody v domácnosti.....	14
Obrázek 3 - Situační plánec areálu Paramo a.s.....	31

## 13 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Orientační klasifikace znečištění srážkových vod z hlediska znečištění nerozpuštěnými látkami, těžkými kovy a uhlovodíky .....	23
Tabulka 2 - Produkce šedé vody v různých budovách.....	26
Tabulka 3 - Produkce šedé vody podle činností.....	27
Tabulka 4 - Dlouhodobý srážkový normál v České republice 1961-1990 (mm).....	28
Tabulka 5 - Součinitelé využití dešťové vody $\psi_d$ .....	28
Tabulka 6 - Stanovení specifické potřeby vody na splacování .....	33
Tabulka 7 - Roční objem srážek spadlých na budovu.....	34
Tabulka 8 - Produkce šedé vody podle činností.....	37

## **14 Přílohy**

Příloha č. 1 - Systém pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP

Příloha č. 2 - Plastová nádrž na srážkovou vodu AS-REWA

Příloha č. 3 - Filtr na dešťovou vodu AS-P

Příloha č. 4 - Návrh řešení pro hospodaření s dešťovou vodou 1. patro

Příloha č. 5 - Návrh řešení pro hospodaření s dešťovou vodou přízemí

Příloha č. 6 - Návrh řešení pro hospodaření s šedou vodou 1. patro

Příloha č. 7 - Návrh řešení pro hospodaření s šedou vodou přízemí

Příloha č. 8 - Návrh řešení pro chlazení technologií v provozu 1. patro

Příloha č. 9 - Návrh řešení pro chlazení technologií v provozu přízemí

## Příloha č. 1 – Systém pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP

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



Zdroj: Asio, 2019

## Příloha č. 2 - Plastová nádrž na srážkovou vodu AS-REWA



Zdroj: Asio, 2019

### **Příloha č. 3 - Filtr na dešťovou vodu AS-P**



Zdroj: Asio, 2019

# Objekt č.340 - Víceúčelová budova VÚB

## Návrh řešení pro hospodaření s dešťovou vodou - 1. patro

1:150



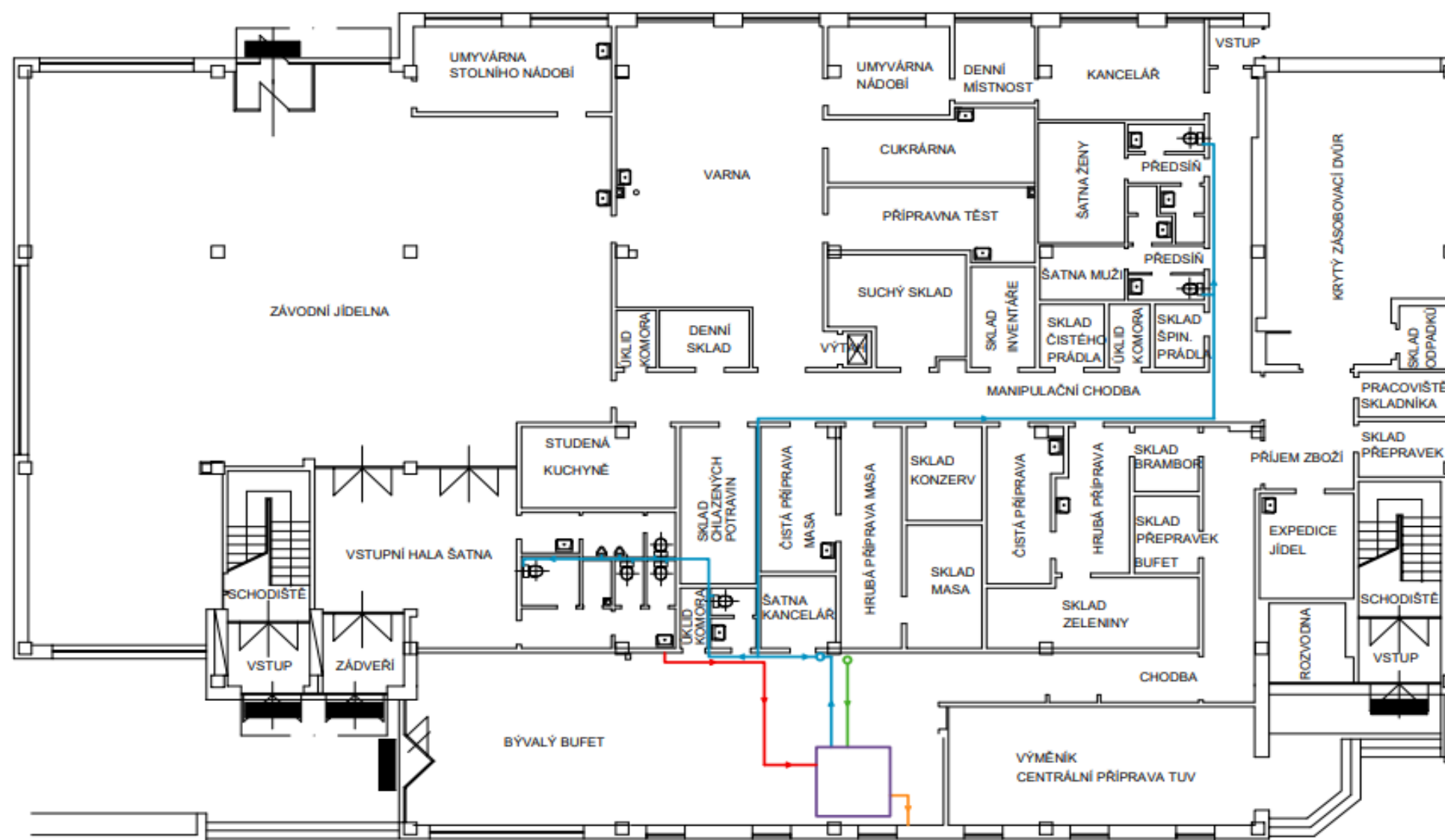
LEGENDA:

- DEŠŤOVÝ SVOD
- STOUPACÍ VEDENÍ NEPITNÉ VODY
- ROZVOD NEPITNÉ VODY
- SVOD VNITŘNÍ DEŠŤOVÉ KANALIZACE
- VNITŘNÍ DEŠŤOVÁ KANALIZACE

# Objekt č.340 - Víceúčelová budova VÚB

## Návrh řešení pro hospodaření s dešťovou vodou - přízemí

1:150



LEGENDA:

- AKUMULAČNÍ NÁDRŽ NA DEŠŤOVOU VODU
- STOUPACÍ VEDENÍ NEPITNÉ VODY
- ROZVOD NEPITNÉ VODY
- SVOD VNITŘNÍ DEŠŤOVÉ KANALIZACE
- VNITŘNÍ DEŠŤOVÁ KANALIZACE
- BEZPEČNOSTNÍ PŘEPAD DO JEDNOTNÉ KANALIZACE
- DOPLŇOVÁNÍ PITNÉ VODY



# Objekt č.340 - Víceúčelová budova VÚB

## Návrh řešení pro hospodaření s šedou vodou - 1. patro

1:150



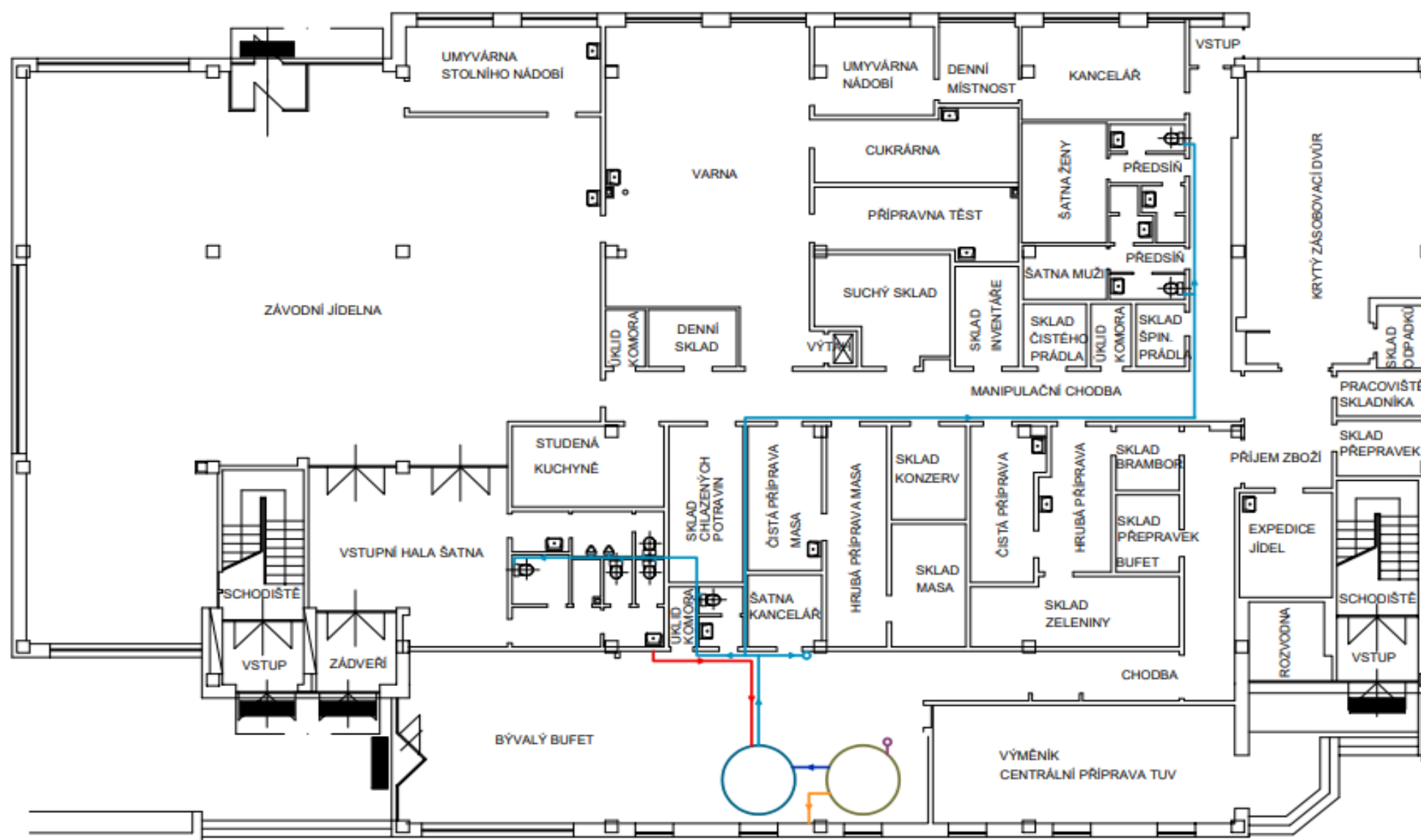
LEGENDA:

- STOUPACÍ VEDENÍ NEPITNÉ VODY
- ROZVOD NEPITNÉ VODY
- SVOD ODPADNÍ KANALIZACE ŠEDÉ VODY
- ODPADNÍ KANALIZACE ŠEDÉ VODY










# Objekt č.340 - Víceúčelová budova VÚB

## Návrh řešení pro hospodaření s šedou vodou - přízemí

1:150



LEGENDA:

-  BIOREAKTOR NA ŠEDOU VODU
-  NÁDRŽ NA NEPITNOU VODU
-  VEDENÍ VYČISTĚNÉ ŠEDÉ VODY
-  STOUPACÍ VEDENÍ NEPITNÉ VODY
-  ROZVOD NEPITNÉ VODY
-  SVOD ODPADNÍ KANALIZACE ŠEDÉ VODY
-  ODPADNÍ KANALIZACE ŠEDÉ VODY
-  BEZPEČNOSTNÍ PŘEPAD DO JEDNOTNÉ KANALIZACE
-  DOPLŇOVÁNÍ PITNÉ VODY

# Objekt č.340 - Víceúčelová budova VÚB

## Návrh řešení pro chlazení technologií v provozu - 1. patro

1:150



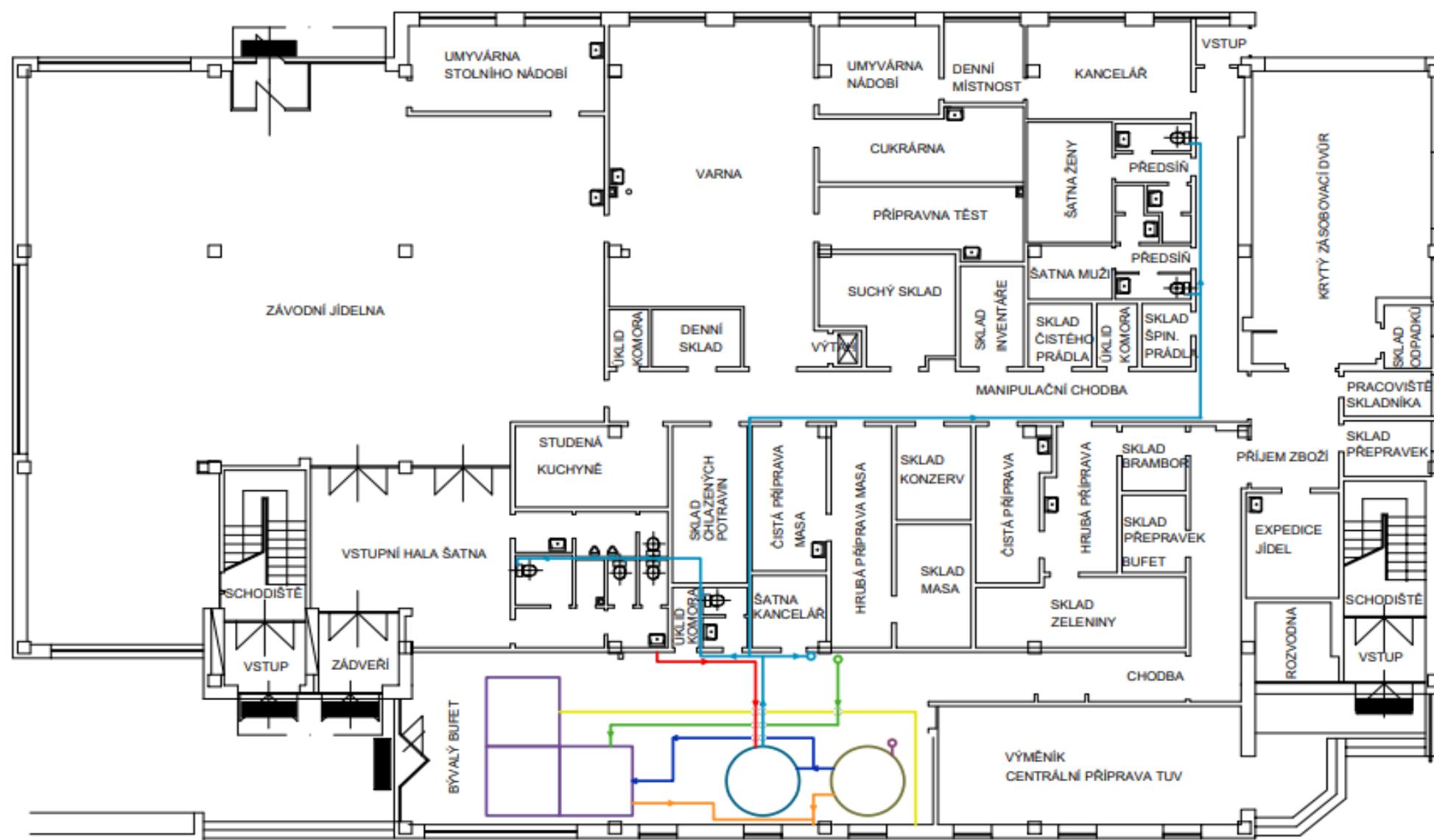
LEGENDA:

- STOUPACÍ VEDENÍ NEPITNÉ VODY
- ROZVOD NEPITNÉ VODY
- SVOD ODPADNÍ KANALIZACE ŠEDÉ VODY
- ODPADNÍ KANALIZACE ŠEDÉ VODY
- DEŠŤOVÝ SVOD
- SVOD VNITŘNÍ DEŠŤOVÉ KANALIZACE
- VNITŘNÍ DEŠŤOVÁ KANALIZACE














# Objekt č.340 - Víceúčelová budova VÚB

## Návrh řešení pro chlazení technologií v provozu - přízemí

1:150



### LEGENDA:

-  BIOREAKTOR NA ŠEDOU VODU
-  NÁDRŽ NA NEPITNOU VODU
-  AKUMULAČNÍ NÁDRŽ NA DEŠŤOVOU A VYČIŠTĚNOU ŠEDOU VODU
-  VEDENÍ VYČIŠTĚNÉ ŠEDÉ VODY
-  STOUPACÍ VEDENÍ NEPITNÉ VODY
-  ROZVOD NEPITNÉ VODY
-  SVOD ODPADNÍ KANALIZACE ŠEDÉ VODY
-  ODPADNÍ KANALIZACE ŠEDÉ VODY
-  BEZPEČNOSTNÍ PŘEPAD DO JEDNOTNÉ KANALIZACE
-  DOPLŇOVÁNÍ PITNÉ VODY
-  SVOD VNITŘNÍ DEŠŤOVÉ KANALIZACE
-  VNITŘNÍ DEŠŤOVÁ KANALIZACE
-  ROZVOD CHLADÍČÍ VODY