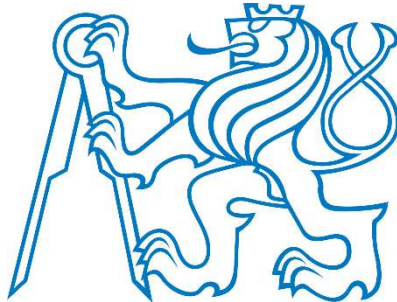


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**HOSPODAŘENÍ S VODOU V BAZÉNOVÝCH  
PROVOZECH**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. MARIE KASALOVÁ**

**Vedoucí diplomové práce: Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.**

**2017/2018**



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Kasalová</u>	Jméno: <u>Marie</u>	Osobní číslo: <u>409962</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra technických zařízení budov - K125</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>Budovy a prostředí (TZB)</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Hospodaření s vodou v bazénových provozech</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Water management of swimming pools</u>	
Pokyny pro vypracování: Teoretická část: <u>Hospodaření s vodou v bazénových provozech</u> Praktická část: <u>Analýza hospodaření s vodou v plaveckém areálu v Přelouči, vyhodnocení navržených variant. Projektová dokumentace vybrané části zdravotní techniky v koncepčním a prováděcím řešení.</u>	
Seznam doporučené literatury: Valášek, Jaroslav a kol. Zdravotnětechnická zařízení budov. 2. vyd. Bratislava: Jaga 2006. ISBN 80-8076-038-1. Kriš, J. Bazény a kúpaliska. Bratislava: Jaga 2000. ISBN 80-88905-30-3.	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: _____	Termín odevzdání diplomové práce: <u>7. 1. 2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

<u>10. 10. 2017</u>	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Marie Kasalová .....

Název diplomové práce: Hospodaření s vodou v bazénových provozech .....

Základní část: Projektová dokumentace zdravotní techniky v plaveckém areálu ..... podíl: 100 %

Formulace úkolů: Teoretická část: hospodaření s vodou v bazénových provozech  
Praktická část: analýza hospodaření s vodou v plaveckém areálu Přelouč,  
navržení a zhodnocení variant  
projektová dokumentace: kanalizace v koncepčním řešení -  
půdorysy, svislé řezy / vodovod v prováděcím řešení -  
půdorysy, izometrie, řez vodovodní přípojkou

Podpis vedoucího DP: ..... Datum: .....

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

3. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

4. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

## Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci.  
(Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, 3.1.2018

Bc. Marie Kasalová

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat Ing. Stanislavu Frolíkovi, Ph.D. za cenné rady a vedení této diplomové práce. Dále děkuji Ing. Kláře Šubrtové za poskytnutí podkladů k návrhu plaveckého areálu v Přelouči.

A nejdůležitější dík patří mé rodině a přátelům za pomoc s jazykovou korekcí textu a vytrvalou podporu.

# OBSAH

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2 VODY V BAZÉNOVÝCH PROVOZECH</b> .....	<b>2</b>
2.1 Zdroje vody a jejich kvalita .....	2
2.1.1 Povrchové vody .....	2
2.1.2 Podzemní vody .....	3
2.1.3 Termální a minerální prameny .....	4
2.1.4 Voda z veřejného vodovodu .....	4
2.1.5 Využití odpadní vody .....	4
2.2 Potřeba vody .....	5
2.2.1 Potřeba pitné a teplé vody .....	5
2.2.2 Potřeba provozní vody .....	5
2.2.3 Potřeba vody pro bazénovou technologii .....	6
<b>3 ÚPRAVA VODY V BAZÉNOVÝCH PROVOZECH</b> .....	<b>7</b>
3.1 Výměna vody a její distribuce .....	7
3.2 Mechanické předčištění .....	10
3.3 Filtrace .....	11
3.3.1 Koagulační filtrace .....	11
3.3.2 Náplavná filtrace .....	13
3.3.3 Sorpční filtrace .....	14
3.4 Hygienické zabezpečení vody – dezinfekce .....	15
3.4.1 Chlórování .....	15
3.4.2 Jódování .....	17
3.4.3 Brómování .....	17
3.4.4 Ozonizace .....	18
3.4.5 Peroxidy .....	19
3.4.6 UV záření .....	19
3.4.7 Ultrazvuk .....	20
3.4.8 Dezinfekce teplem .....	20
3.4.9 Elektrolýza slané vody .....	20
3.5 Ohřev vody .....	21

<b>4 ODPADNÍ VODY V PLAVECKÉM AREÁLU .....</b>	<b>23</b>
4.1 Odpadní vody a jejich likvidace .....	23
4.2 Dělení vod .....	24
4.2.1 Šedá voda .....	24
4.2.2 Bílá voda .....	24
4.2.3 Žlutá voda .....	24
4.2.4 Hnědá voda .....	24
4.2.5 Černá voda .....	24
4.2.6 Voda z bazénové technologie .....	25
4.2.7 Dešťová voda .....	25
4.3 Využití šedé vody .....	26
4.3.1 Zdroje šedé vody .....	26
4.3.2 Kvalita a využití šedé vody .....	27
4.3.3 Úprava šedé vody .....	28
4.3.4 Akumulace šedé vody .....	29
4.4 Využití vody z bazénové technologie .....	30
4.4.1 Vody z bazénové technologie .....	30
4.4.2 Kvalita a využití vody z bazénové technologie .....	30
4.4.3 Úprava bazénové vody .....	31
4.4.4 Akumulace vody z bazénové technologie .....	31
4.5 Využití dešťové vody .....	32
4.5.1 Zdroj dešťové vody .....	32
4.5.2 Kvalita a využití dešťové vody .....	32
4.5.3 Úprava dešťové vody .....	34
4.5.4 Akumulace dešťové vody .....	26
<b>5 ZÁVĚR .....</b>	<b>37</b>
POUŽITÁ LITERATURA .....	38
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	41
SEZNAM TABULEK .....	42
SEZNAM GRAFŮ .....	42

## **Anotace**

Diplomová práce řeší problematiku hospodaření s vodou v bazénových provozech. Teoretická část je zaměřená především na úpravu bazénové vody a možnosti využití odpadních vod. V praktické části je navrženo několik variant hospodaření s vodou v plaveckém areálu v Přelouči s jejich posouzením. Pro vybranou variantu je zpracovaná projektová dokumentace zdravotně technických instalací.

## **Klíčová slova**

hospodaření s vodou, bazén, zdravotně technická zařízení, znovuvyužití odpadní vody, šedá voda, dešťová voda

## **Annotation**

This master's thesis solves the problem of swimming pool water management. The theoretical part focuses mainly on the water treatment and possibilities of wastewater utilisation. The practical part contains several designs of water management of swimming pool in Přelouč with their assessment. For the selected variant there is made a project documentation of sanitary systems.

## **Keywords**

water management, swimming pool, sanitary systems, reuse of wastewater, greywater, rainwater



# 1 ÚVOD

Voda je důležitou součástí našich životů. Využívá se pro vaření, osobní hygienu, úklid a pro další účely. Někteří lidé si ani neuvědomují, že oproti nám některé země trpí velkým nedostatkem pitné vody. Až 1,8 milionu dětí ročně umírá na nedostatek kvalitní vody. Předpokládá se, že v roce 2025 budou dvě třetiny lidí obývat země s nedostatkem pitné vody. [1] Zatímco v Africe má přístup k pitné vodě již dnes jen kolem poloviny obyvatel, v Evropě jí je zatím dostatek. Ale i tak začíná být pro naši společnost čím dál více důležitější, jak s vodou budeme zacházet. Hlavními problémy je tu znečištění, plýtvání vodou a způsoby nakládání s odpadní vodou.

Plavecké areály potřebují dostatek čisté vody, což tvoří podstatnou položku v rozpočtu. Neočekává se, že by v budoucnu docházelo ke snižování cen vody a energií, což vede k hledání alternativních zdrojů. Takovým zdrojem může být i odpadní voda, která v sobě skrývá velký potenciál. Může se stát zdrojem energie i vyčištěné vody. Recyklace odpadních vod je jednou z cest, jak se může snížit spotřeba vody a zároveň množství vypouštěných vod.

Teoretická část je zaměřená na hospodaření s vodou v bazénových provozech. Věnuje se plaveckým areálům a jejich zásobování vodou, úpravě bazénových vod a vznikajícím odpadním vodám s možností recyklace.

Na tuto část navazuje praktická část, která je uvedena v samostatné práci „Hospodaření s vodou v plaveckém areálu v Přelouči“.

## 2 VODY V BAZÉNOVÝCH PROVOZECH

### 2.1 Zdroje vody a jejich kvalita

Rybníky, nádrže a povrchové toky mají často sníženou kvalitu vody, a tak nemusí být vhodné ke koupání. Jako důsledek zhoršení kvality těchto povrchových vod začaly vznikat umělá koupaliště a bazény.

Plavecký areál je důležité umístit v oblasti, kde bude zajištěn dostatečný a vhodný zdroj vody, který musí splňovat požadavky na jakost zdroje vody podle tab. 2.1. Ukazatele *Escherichia coli* a střevní enterokoky jsou indikátory bakteriálního znečištění fekálního původu a při nadlimitní hodnotě by mohly být příčinou žaludečních a střevních problémů. [2, 3]

Tab. 2.1 Požadavky na jakost zdroje vody [3]

Ukazatel	Jednotka	Limitní hodnota	Četnost kontroly
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100ml	30	1x měsíčně
Intestinální enterokoky	KTJ/100ml	15	1x měsíčně

Aby byla zajištěna potřebná obměna vody v bazéně, je důležité, aby měl zdroj dostatečnou vydatnost. Nejčastěji jsou bazény zásobovány vodou z veřejného vodovodu. Vhodným zdrojem může být i přírodní léčivý zdroj s dostatečnou vydatností. [3]

Zdroj vody je zpravidla upravován s ohledem na množství organických a anorganických látek. Požadavky na jakost vody jsou stanoveny podle tab. 2.2. Zaručují, že použitím vody nedojde k poškození lidského zdraví. [3] Vzhledem k tomu, že některé úpravy vod mohou být nákladnější, hraje velkou roli umístění i výběr zdroje vody.

Pro zásobování plaveckého areálu vodou je možné využít tyto vodní zdroje:

#### 2.1.1 Povrchové vody

Povrchové vody vznikají z atmosférické a podzemní vody, dělí se na tekoucí a stojaté. Přestože kvalita podzemní vody je vyšší, povrchová voda může být vhodným zdrojem pro letní koupaliště. Důvodem je vyšší teplota oproti vodě podzemní nebo vodě z veřejného vodovodu. Ve srovnání s podzemní vodou je povrchová voda náročnější na úpravu. V některých oblastech je voda více znečištěná, a tak jako zdroj nevhodná. Je to způsobené hlavně intenzivní zemědělskou činností a dále dopravou, průmyslovou výrobou a těžbou. [2]

Tab. 2.2 Požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod v umělých koupalištích [3]

Ukazatel	Jednotka	Upravená voda na přítoku do bazénu	Bazénová voda během provozu	
		Mezní hodnota	Mezní hodnota	Nejvyšší mezní hodnota
Escherichia coli	KTJ/100ml	0	0	<sup>1)</sup>
počet kolonií při 36 °C	KTJ/1ml	20	100	<sup>1)</sup>
Pseudomonas aeruginosa	KTJ/100ml	0	0	<sup>1)</sup>
Staphylococcus aureus	KTJ/100ml	0	0	100
Legionella spp.	KTJ/100ml	10	10	100
Průhlednost			nerušený průhled na celé dno	
Zákal	ZF		0,5	
pH			6,5 - 7,6	
Celkový organický uhlík (TOC)	mg/l		2,5 mg/l nad hodnotou plnicí vody	
Dusičnany	mg/l		20 mg/l nad hodnotou plnicí vody	
Volný chlór (voda do 28 °C)	mg/l		0,3 - 0,6	
Volný chlór (voda do 32 °C)	mg/l		0,5 - 0,8	
Vázaný chlór	mg/l			0,3
Chloritany, chlorečnany	mg/l			20; 30
Ozon	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,05	
Redox potenciál (pH 6,5 - 7,3)	mV	≥ 750	≥ 700	
Redox potenciál (pH 7,3 - 7,6)	mV	≥ 770	≥ 720	

<sup>1)</sup> Překročení nejvyšší mezní hodnoty nastává při splnění některé z těchto podmínek:

- 1) hodnoty Escherichia coli větší než 10 KTJ/100 ml a současně více než 100 KTJ/ml pro počty kolonií při 36°C, a/nebo více než 10 KTJ/100 ml pro Pseudomonas aeruginosa,
- 2) hodnoty Pseudomonas aeruginosa větší než 50 KTJ/100 ml nebo hodnoty Pseudomonas aeruginosa větší než 10 KTJ/100 ml a současně počty kolonií při 36 °C větší než 100 KTJ/ml počty kolonií při 36°C.

### 2.1.2 Podzemní vody

Voda ukrytá pod povrchem krajiny neboli podzemní voda vzniká vsakováním srážkových a povrchových vod, kondenzací vodních par v půdě a vodních par z magmatu. Podzemní vody jsou v kontaktu s horninami, které ovlivňují jejich složení. Teplota podzemních vod bývá stálá. Většinou se podzemní vody využívají do koupališť, aniž by byla potřebná jejich úprava. Ta je nutná v případě, že má voda zvýšenou koncentraci znečišťujících látek. Některé vody mohou být více mineralizované, což může zhoršit udržení potřebné kvality vody a zvýšit náklady na údržbu plaveckého areálu. [2, 4]

### 2.1.3 Termální a minerální prameny

Podzemní vody se dělí na vody prosté a vody minerální. Vody minerální se liší svými vlastnostmi, které jsou ovlivněny celkovým množstvím rozpuštěných pevných látek, teplotou, radioaktivitou, obsahem oxidu uhličitého a některých dalších látek jako je jód, železo apod. [5] Pokud složení minerálních vod zajistí pozitivní vliv na lidský organismus, mohou být využívány v lázeňství jako přírodní léčivé zdroje, které se posuzují podle lázeňského zákona č. 164/2001 Sb. [6]

Termální vody mají přirozenou teplotu vyšší než 20 °C, často jsou obohaceny o minerální složky. Mohou být tedy vhodné jako zdroj pro umělá koupaliště. Jejich vhodnost se zvyšuje s léčivými účinky vody pro lidský organismus. Problémem mohou být některé chemické prvky a sloučeniny, které se z vody postupně uvolňují, příkladem jsou minerální soli a volný oxid uhličitý. [2]

### 2.1.4 Voda z veřejného vodovodu

Nejčastějším a upřednostňovaným zdrojem vody do plaveckých areálů je voda z veřejného vodovodu. Její velkou výhodou je jakost, která se dále nemusí upravovat. Nevýhodou je vyšší cena a také nižší teplota vody, která se pohybuje kolem 8–12 °C. [2]

### 2.1.5 Využití odpadní vody

Vzhledem k očekávanému nedostatku kvalitní vody v budoucnu je důležité vodou šetřit a hledat nové zdroje vody.

Jako velmi výhodným zdrojem mohou být technologické vody, které vznikají v průmyslovém odvětví. Často se jedná o odpadní vody z chladících procesů nebo jiných provozů, které pracují s teplou vodou nebo párou. Tato voda je ve většině případů minimálně znečištěná, a navíc v sobě ukrývá energii, která sníží náklady na ohřev. [2]

## 2.2 Potřeba vody

Množství vody pro spolehlivý provoz budovy je ovlivněno denní návštěvností. Počet návštěvníků je závislý na kapacitě objektu, počtu obyvatel v oblasti, podobných provozů v okolí apod. Jako podklad pro zjišťování možné denní návštěvnosti se dají využít známá data stávajících zařízení v podobných oblastech. [2]

### 2.2.1 Potřeba pitné a teplé vody

Plavecký areál musí být dostatečně zásobován pitnou vodou. „*Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví. Ukazatele jakosti pitné vody a jejich hygienické limity jsou uvedeny v příloze č. 1.*“ [7] Ukazatele jakosti a hygienické limity pro teplou vodu jsou uvedeny ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. v příloze 2 a 3.

Využití pitné a teplé vody je možné v budově pro:

- Občerstvení – pitná voda slouží pro potřeby pohostinství v bazénovém areálu, jako jsou například bistra, restaurace, kavárny apod.
- Umývání rukou – na jedno umytí rukou se spotřebuje kolem 3 l vody. [8]
- Sprchy – provozovatel plaveckého areálu je: „*povinen zajistit, aby voda ke koupání, sprchování nebo ochlazování vyhovovala hygienickým limitům mikrobiologických, fyzikálních a chemických ukazatelů jakosti.*“ [9] Tyto hygienické limity jsou stanoveny ve vyhlášce č. 252/2004 Sb.

U krytého koupaliště je nutno zajistit pro 15 návštěvníků alespoň 1 sprchu, u nekrytého alespoň 1 sprchu pro 100 návštěvníků, sprchy pro muže a ženy musí být oddělené. [3] Do plaveckých areálů je vhodná tlačítková sprcha. Příkladem může být sprcha s průtokem 10 l/min a dobou výtoku 30 s. [10] Dalo by se předpokládat, že během jedné očistné sprchy zmáčkne návštěvník tlačítko 3x, vyteče tedy 15 l. Pokud tuto očistnou sprchu podstoupí při vstupu i při odchodu, spotřebuje kolem 30 l na sprchování.

### 2.2.2 Potřeba provozní vody

Podle ČSN 75 5409 je provozní vodou „*voda pro různé provozní účely, jejíž jakost odpovídá příslušnému způsobu použití, např. dešťová nebo recyklovaná voda; provozní voda není dodávána z vodovodů pro veřejnou potřebu.*“

V současné době je u nás častým řešením používání pitné vody i pro provozní účely. Ale vzhledem k vysoké kvalitě pitné vody je to v mnoha případech zbytečné a bylo by výhodnější využít upravenou dešťovou či šedou vodu. [11] Podle využití můžeme klást na provozní vodu odlišné kvalitativní požadavky.

Provozní vodu je možné použít pro:

- Splachovací zařízení – jedná se o zařízení určené ke splachování záchodových mís, pisoárů a výlevků. Záchody mají spotřebu 3–10 l na jedno spláchnutí, pisoáry kolem 2 l na spláchnutí. [8]
- Úklid – záchody, prostory pro sprchování a šatny musí být během sezóny uklízeny minimálně jednou denně. Potřeba teplé vody na úklid se předpokládá 0,3 l/m<sup>2</sup>. [12]
- Zalévání zeleně – pro zalévání zahrady lze předpokládat roční potřebu vody 60 l/m<sup>2</sup>. [13]

### 2.2.3 Potřeba vody pro bazénovou technologii

Pro provoz bazénu potřebujeme plnicí, ředící, doplňkovou a prací vodu. Voda plnicí, ředící i doplňková musí jít do bazénu přes úpravnu. [3]

Pro napuštění bazénu je potřeba dostatečné množství plnicí vody. Je důležité mít zajištěný vhodný zdroj vody, který bude mít vyhovující kvalitu a kapacitu. Vypuštění bazénu by nemělo trvat déle než šest hodin. Některé menší bazény jsou vypouštěny a znovu naplněny každý den. U větších bazénů by to bylo nevýhodné, a tak se potřebná jakost vody zajistí pomocí recirkulace přes úpravnu. [2] V tomto případě se bazén vypustí například jen dvakrát ročně, kdy se zároveň provede jeho celková údržba.

V případě výměny vody recirkulací se do bazénů přidává ředící voda. Zajišťuje snížení znečištění jeho ředěním. Znečištění se do bazénu dostává společně s návštěvníky (pot, moč atd.). [2] Množství ředící vody je ovlivněno počtem návštěvníků za den. Na každého návštěvníka se musí denně obměnit 30 l vody u krytých bazénů, 45 l vody u krytých bazénů koupelových a 60 l vody u nekrytých bazénů a brouzdališť. [3]

Doplňková voda dodává chybějící vodu do bazénu a recirkulačního systému. Ztráty vody jsou způsobené hlavně vypařováním vody z hladiny. [2]

Prací vodou se perou filtry, aby se zamezilo negativnímu vlivu na jakost vody. Filtry jsou příhodným místem pro mikroorganismy, které by se tu mohli rozmnožit a vyplavovat do bazénové vody. [3]

## 3 ÚPRAVA VODY V BAZÉNOVÝCH PROVOZECH

### 3.1 Výměna vody a její distribuce

Spokojenost koupajících souvisí s kvalitně upravenou a čistou vodou. Dobrý pocit z relaxace v bazénu zaručí provozovateli vyšší návštěvnost. Při provozu bazénu se kvalita vody s množstvím návštěvníků mění. Musí se zajistit, aby se znečišťující látky v bazéně nehromadily a voda byla neustále průzračná a hygienicky nezávadná.

Vodu v bazéně je důležité pravidelně měnit nebo upravovat. Využívá se několik způsobů výměny vody:

- Každodenní vypouštění a plnění vody do bazénu – nejjednodušší možnost, není potřeba žádné složité technologie. Tento způsob může být výhodný u menších bazénů, u větších by vznikaly vysoké náklady na ohřev a likvidaci vody. Zároveň je vyžadován dostatečný a kvalitní zdroj vody. [2]
- Průtoková výměna vody – denně se určitý objem vody postupně vymění a zbytek se zředováním udržuje podle povolených limit. Pokud se hraniční hodnoty překročí, následuje vypuštění bazénu a jeho vyčištění. Čím je nižší znečištění bazénu koupajícími, tím se tento způsob více vyplatí. Dříve byl využíván u menších venkovních koupališť, kde je dostatečný zdroj vody. Dnes se tento způsob nedoporučuje, dává se přednost úpravě vody recirkulací. [2]
- Recirkulace – bazénová voda neustále koluje přes úpravnu vody zpět do bazénu. Úpravna vody zajistí požadovanou kvalitu vody. Některé složky znečištění se nedají běžnou technologií odstranit, a proto je bazénová voda zředována přídatnou vodou, která se řídí počtem návštěvníků. Důležité je zajistit, aby se upravená voda dostala co nejrychleji do všech míst bazénu a zároveň se znečištěná voda dostala ven. Pro správnou funkčnost systému je podstatný návrh množství a rozmístění přivádějících a odvádějících prvků. [2]

Nejpoužívanějším způsobem je v dnešní době výměna vody recirkulací, proto se práce dále zabývá tímto způsobem.

Základy technologie úpravy bazénové vody jsou stále podobné, jako byly před 40 lety. I když se na trhu stále objevují novinky, nejde o žádné přelomové technologie. Důvodem může být princip úpravy vycházející z přírodních postupů, které voda podstupuje během svého koloběhu v přírodě. Snažíme se přírodu napodobit s využitím co nejméně energie a prostoru. Nečistoty jsou odstraňovány mechanickým a chemickým způsobem. Některé látky je těžké z bazénové vody odstranit, může jít o znečištění způsobené člověkem jako například moč a pot. Řešením je zředování bazénové vody. [2, 14]

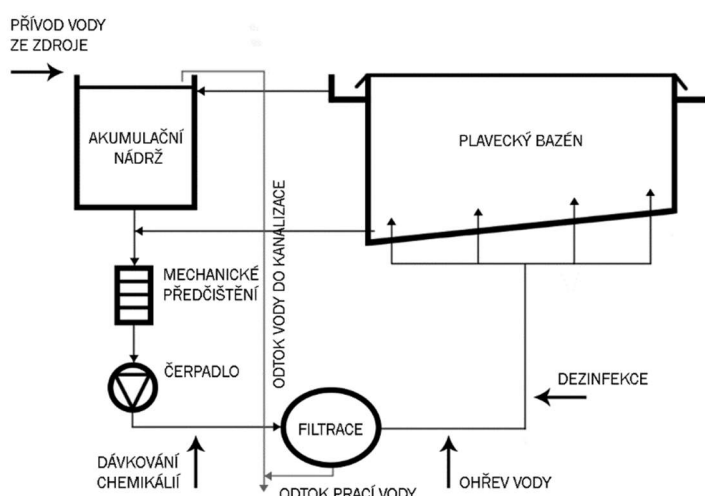
Bazénová technologie musí být navržena tak, aby se zajistily požadavky na jakost bazénové vody uvedené v tab. 2.2. Recirkulace musí během provozní doby bazénu stále vodu kolovat přes úpravnu a dezinfikovat, v době provozního klidu může být provoz recirkulace vody snížen. Směrné hodnoty potřebného recirkulovaného množství vody v m<sup>3</sup>/h jsou orientačně určeny podílem objemu bazénu a doby zdržení vody. Jedná se o limitní hodnoty, které mohou být pozměněny konkrétním výpočtem na určitý bazén. Výpočet je ovlivněn návštěvností, účelem bazénu, požadovanou jakostí vody a parametry bazénové technologie. [3]

Tab. 3.1 Intenzita recirkulace vody [3]

Průměrná hloubka bazénu [m]	Doba výměny vody (zdržení vody) v hodinách	
	v krytém bazénu	v nekrytém bazénu
0,5	2,0	2,0
1,0	3,0	3,5
2,0	5,0	8,0
3,0	6,0	8,0
3,5	6,5	8,0
4,0	7,0	8,0

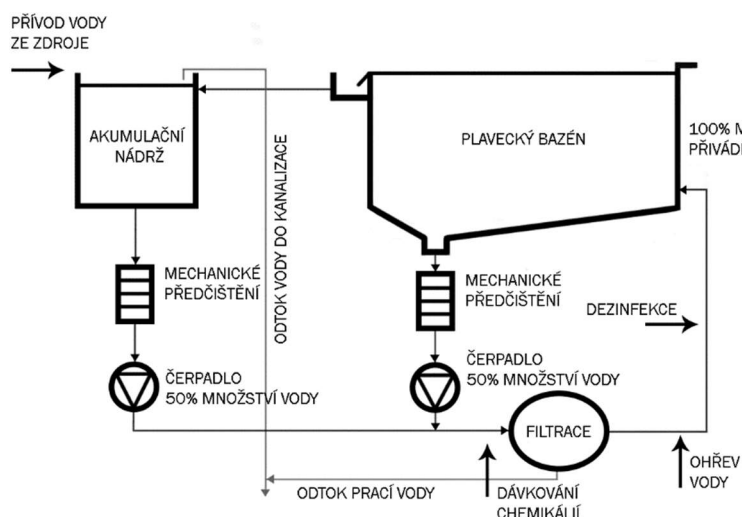
Pro recirkulační systém je důležitý i způsob distribuce upravené vody do bazénu. Pokud je znečištění návštěvníky velké, je lepší využít nepřetržitý odtok vody z bazénu přes obvodové přepadové žlábký. Nejvíce se využívají dva způsoby cirkulace vody:

- Inverzní hydraulický systém (obr. 3.1) – znečištěná voda z bazénu odtéká přes obvodové přepadové žlábký, upravená voda se přidává otvory na dně bazénu. Jde o nejnovější způsob výměny vody, který se v současnosti využívá. [2]
- Smíšený hydraulický systém (obr. 3.2) – znečištěná voda z bazénu se z části odvádí přepadovými žlábký (minimálně 50%) a z části u dna bazénu. Tento systém se v dnešní době stále navrhuje. [2]



Obr. 3.1 Inverzní hydraulický systém [2]





Obr. 3.2 Smíšený hydraulický systém [2]

Recirkulační úprava by měla zahrnovat mechanickou filtraci pro zachycení hrubých nečistot, odstranění látek tvořících zákal, udržení potřebného pH, dezinfekci a zamezení rozvoje řas. [15] Podle kvality vody ze zdroje a požadované kvality recirkulované vody se vybere druh technologie na mechanickou a chemickou úpravu vody. V tab. 3.2 jsou uvedené možné kombinace na úpravu vody v Německu. Koeficient  $b$  vyjadřuje schopnost technologie redukovat znečištění v bazéne, které vznikne návštěvníky za 1 hodinu. Nejčastěji se používá první uvedená kombinace v tabulce. [2]

Tab. 3.2 Přípustné kombinace technologie na úpravu vody v Německu [2]

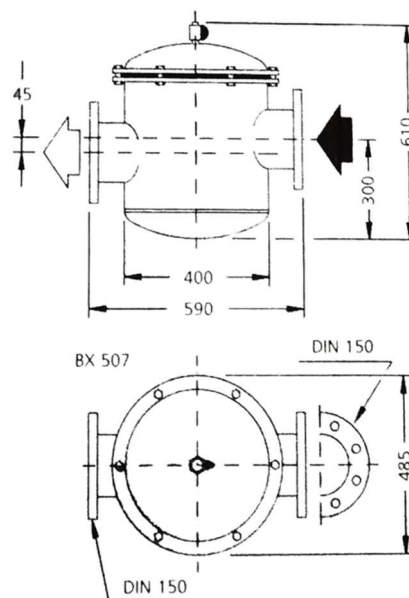
Kombinace	$b$ [ $m^{-3}$ ]
koagulace (číření) + filtrace + chlorace	0,5
koagulace (číření) + filtrace + Cl <sub>2</sub> + ClO <sub>2</sub>	0,5
koagulace (číření) + filtrace + O <sub>3</sub> + filtrace GAC + chlorace	0,6
adsorpce (PAC) + náplavná filtrace s křemelinou a aktivním uhlím + chlorace	0,6

Bazénová technologie patří do technického úseku budovy, měla by být výškově umístěna pod hladinou vody. Úpravna by měla být vertikálně uspořádaná, aby se vyhnulo zbytečnému čerpání vody mezi úpravami. [2]

## 3.2 Mechanické předčištění

Odtok vody z bazénu u přepadových žlábků i u dna je chráněn mřížkami, které zajišťují, že se do hydraulického systému nedostanou žádné větší předměty a nečistoty.

Lapač vlasů v recirkulačním systému zachytává větší nečistoty z vod, jako jsou vlasy, řasy, vlákna z plavek či uhynulí drobní živočichové. Vytváří ochranu pro čerpadla a armatury před zanesením a poškozením. Může jít o kovovou nádobu umístěnou v sacím potrubí, ve které jsou do sebe zasunutá síta z děrovaného plechu. V dnešní době je už předfiltrace často součástí čerpadel. [2, 14]



Obr. 3.3 Uzavřený lapač nečistot pro větší bazén [2]

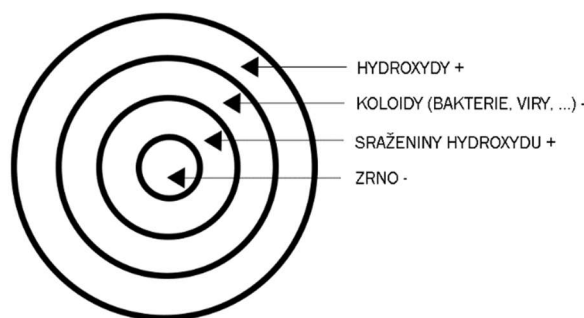
### 3.3 Filtrace

Jedním z důležitých kroků při úpravě vody recirkulací je filtrace, při které probíhá odstranění některých nečistot. Zajistí snížení zákalu vody, organického znečištění a pomocí chemických reakcí vyvolaných dezinfekcí i redukcí některých rozpuštěných látek. Obvykle se využívá koagulační filtrace, méně častými jsou náplavná a sorbční filtrace. [15]

#### 3.3.1 Koagulační filtrace

Koagulační filtrace je nejčastěji využívaný způsob filtrace v recirkulačním systému bazénu. [2] „Definuje se jako proces, při němž dochází k separaci suspenzí průtokem přes zrnité prostředí.“ [16]

Pro odstranění jemných suspenzí musíme dosáhnout zvětšení částic, aby šly lépe oddělit od vody. Tento proces shlukování se nazývá koagulace. Hlavním principem je přidávání hydrolyzujících solí, které při reakci s bazénovou vodou vytváří hydroxidy. Nejčastějšími chemickými sloučeninami, které se využívají jako koagulanty, jsou síran železnatý, síran hlinitý a chlorid železitý. Po jejich aplikaci vzniká ve vodě hydroxid hlinitý nebo železitý. Hydroxidy na sebe navážou některé další látky obsažené ve vodě. Malé částice se shlukují do větších částic, vytvoří se vločkovitá pórovitá usazenina. Vzniklá vločka je jednoduše oddělitelná usazením a filtrací. [2] Minimální doba vločkování před filtrem by měla být 10 sekund. [15]

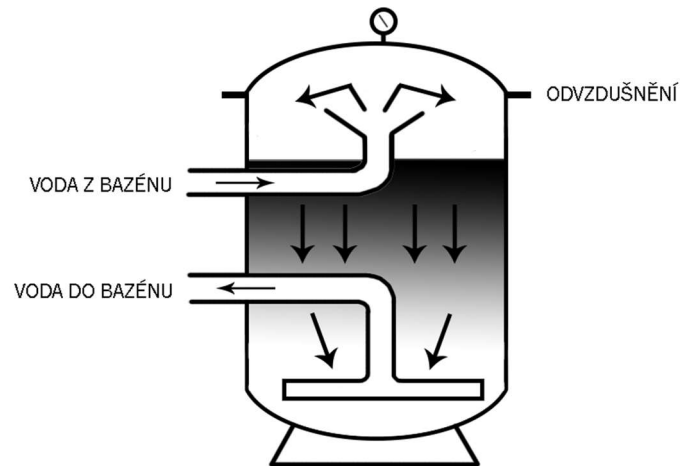


Obr. 3.4 Vytváření vločky [15]

Koagulanty mají vliv na kolísání hodnot pH, které ovlivňují koagulační proces. Kyselé či zásadité prostředí rozdílně působí na adsorpční schopnost sloučenin při vločkovacím procesu. Optimální hodnota pH je 6,8 – 7,4. Pokud pH nebude v příznivém intervalu, bude mít také negativní vliv na koupající, bazénová voda může dráždit oči a pokožku. [2] Pro zvýšení pH hodnot se využívají hydroxid sodný, uhličitán sodný, hydrogenuhličitán sodný a hydrogensíran sodný. Naopak pro snížení hodnot jsou vhodné oxid uhličitý, kyselina chlorovodíková a kyselina sírová. [15]

Prouděním vody přes pórovité prostředí filtru se částice odstraňují. Některé menší částice koloidního charakteru nejsou fyzikálními silami zachyceny a přes filtr

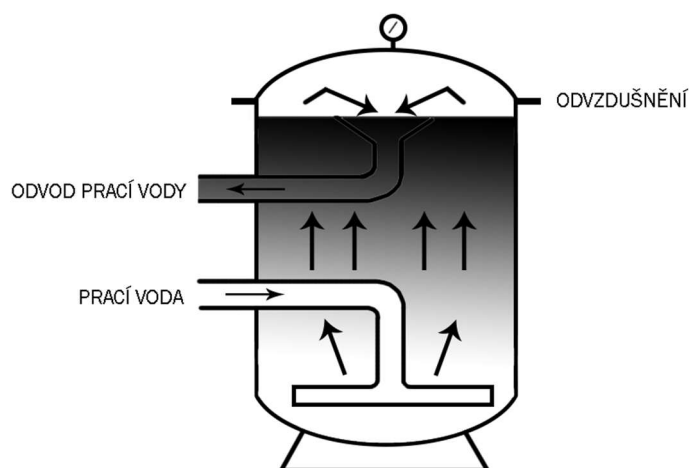
projdou dále do systému. Na účinek separačního procesu má vliv řada vzájemně se ovlivňujících ukazatelů jako jsou fyzikální a chemické složení zdroje vody, koncentrace a charakter suspenzí, rychlost filtrace, zrnitost a výška filtrační náplně atd. [2, 16] Rychlost filtrace by neměla přesáhnout 30 m/hod. [15]



Obr. 3.5 Schéma filtrace [2]

Jako filtrační náplň se nejčastěji používá křemičitý písek o velikosti zrn 0,9 – 1,4 mm. [2] Aby se zabránilo vytváření kolonií bakterií v náplni a zároveň nevznikala velká tlaková ztráta vznikající při průtoku vody, musí se po určité době filtry vyprat. Vypráním se zajistí znovuobnovení filtrační schopnosti. Působením pracího média jsou uvolňovány z pískové náplně zachycené suspenze a odváděny mimo filtr do odpadu. [2, 16] Užívané způsoby pro praní filtrů:

- 1) Praní vodou – uvolnění částic je umožněné pomocí proudící vody o dostatečné rychlosti [16]
- 2) Praní vzduchem a vodou – při praní vzduchem se vytvoří ve filtrační náplni kanálky, postupně dochází k expanzi náplně. Následuje praní směsí vzduchu a vody, kdy se z filtru uvolňují částice. Praní se dokončí vodou, z náplně jsou vytěšňovány uvolněné suspenze a bubliny vzduchu. [2, 16]



Obr. 3.6 Schéma praní filtru [2]

Filtry by měly být z hygienických důvodů prány minimálně 2x týdně. Důvodem častějšího praní může být rychlé zanášení filtru, překračující optimální filtrační rychlost, zvýšená tlaková ztráta filtru nebo zhoršující se kvalita filtrační náplně. [15]

### 3.3.2 Náplavná filtrace

Méně používanou filtrací je náplavná filtrace, častěji se s ní setkáme v zahraničí než u nás. [14] Vychází z předpokladu, že se zákalotvorné částice zachytí na vrstvu naplavených částic. Při tomto způsobu filtrace se používají náplně, které mají na rozdíl od křemičitého písku využívaného v koagulační filtraci mnohem menší zrna. Náplně je nejčastěji křemelina, ale dále se používá celulóza, perlit, bentonit, diatomit a další jemné materiály. [2] Hlavní kostru tvoří vynášecí konstrukce tzv. septum vytvořená z jemného pletiva z vláken kovu nebo umělých hmot. [15]

Při začátku provozu filtru se náplň z jemného materiálu přidává při každém filtračním cyklu do recirkulačního okruhu v určité dávce. Tato směs je přes septum opakovaně cezena a pohybuje se v okruhu mezi čerpadlem a filtrem do té doby, než je filtrát čirý. Na septu se vytvoří tzv. mosticí vrstva, na které postupně narůstá filtrační koláč, který je tvořen směsí jemné látky a nečistot. Malé množství náplně se přidává i během provozu filtru. [15] Výhodou filtrace je, že se procesem odstraní koliformní bakterie a některé mikroorganismy, proto je vhodná zvláště pro zdravotnické provozy, kde je vyšší riziko množení bakterií a virů ve filtrační náplni. [2, 14]

V závislosti na typu filtru se filtrační koláč z filtru odstraňuje oplachováním vodou, vodou a vzduchem, anebo mechanicky oškrabáváním. [2]

### 3.3.3 Sorpční filtrace

Nejčastěji je sorpční filtrace využívána jako doplňkový proces ke koagulační filtraci. Bývá užívána hlavně u recirkulačních systémů, kde se využívá ozonizace. Cílem je navázání vázaného chlóru a dalších produktů vznikajících reakcí chlóru s organickými látkami na sorpční povrch. V případě, že je zahrnuta v systému ozonizace, sorpční filtrace zajistí i odstranění zbytkového ozónu, který by mohl mít negativní vliv na koupající. Dále se zajistí zlepšení barvy vody, pachových vlastností vody a tvorby vloček. [15]

Jako náplň do filtru se používá aktivní uhlí. Toto uhlí s velkým specifickým povrchem je organickou látkou, na které se může snadno vytvořit mikrobiální znečištění. Proto se prostředí filtru pomocí kyselin udržuje na hodnotě pH 2 a suspenze se neustále cirkuluje. Praní sorpčních filtrů je nejčastěji vodou. [15]

### 3.4 Hygienické zabezpečení vody – dezinfekce

Dezinfekce je technologický proces, při kterém se zamezí množení mikroorganismů a zajistí se tak zdravotní nezávadnost bazénové vody. Přemnožení bakterií, řas, virů, plísní a kvasinek by mohlo mít za následek ohrožení lidského zdraví. Úprava vody by měla zahrnovat kromě dezinfekce i oxidaci bazénové vody, která spálením zlikviduje organické zbytky mikroorganismů. Aby se zamezilo dalšímu množení těchto nežádoucích složek, musí být zajištěna dezinfekční účinnost v bazénové vodě po co nejdelší dobu. [17, 18]

Technologií řízení kvality vody je mnoho, ale každá funguje na jiném principu. [18] Výběr může být ovlivněn jak náklady na pořízení a provoz dezinfekčního zařízení, tak množstvím vody k dezinfekci, vlastnostmi upravované vody, způsobem dalších úprav, místními poměry apod. [2]

Používané prostředky na dezinfekci bazénových vod:

- Halogeny (chlór a jeho sloučeniny, jód, bróm)
- Kyslíkové přípravky (ozón, peroxidy)
- Fyzikální metody (UV záření, ultrazvuk, teplo)
- Ostatní (elektrolýza slané vody, oligodynamické metody) [2]

Tab. 3.3 Tabulka účinnosti dezinfekčních prostředků [17]

Činidlo	Účinek	Doba působení	Vedlejší produkty	Závislost na pH	Náklady
Chlór	střední	několik hodin	THM, HAA	velmi vysoká	nízké až střední
ClO <sub>2</sub>	velmi silný	několik dní	chloritany	žádná	střední
UV záření	střední	žádná	dusitany	žádná	střední
Ozón	velmi silný	několik minut	bromičnany	střední	vyšší

#### 3.4.1 Chlórování

Nejčastěji používanou dezinfekcí bazénové vody je chlórování. Chlór je dostupný, může se skladovat v různých podobách, snadno se aplikuje a pro provoz bazénu je levný. [19] Dezinfekce vody chlórem zajistí likvidaci nežádoucích mikroorganismů a trvalý dezinfekční účinek v bazénové vodě. [20] Kromě svých pozitivních vlastností má i některé negativní, jako je nepříjemný chlorový zápach a vliv na člověka. Dráždění očí, pokožky, měkkých tkání, a navíc vedlejší produkty chlorace, se kterými jsou spojena zdravotní rizika u lidí pohybujících se dlouhodobě

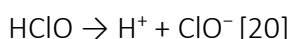
u bazénu, mohou být důvodem pro výběr jiné metody dezinfekce nebo kombinace chlorového prostředku s ozonizací nebo dezinfekcí UV zářením. [21]

Chlór se ve vodě vyskytuje jako vázaný ve vazbách chloridů a chloraminů, anebo jako volný v podobě kyseliny chlorné a chlornanu sodného. [19] Vyhláškou č. 238/2011 Sb. je dáno, že v bazénech s teplotou do 28 °C musí být hodnota volného chlóru, který se dávkuje do vody kvůli dezinfekci, mezi 0,3 – 0,6 mg/l, vázaného do 0,3 mg/l.

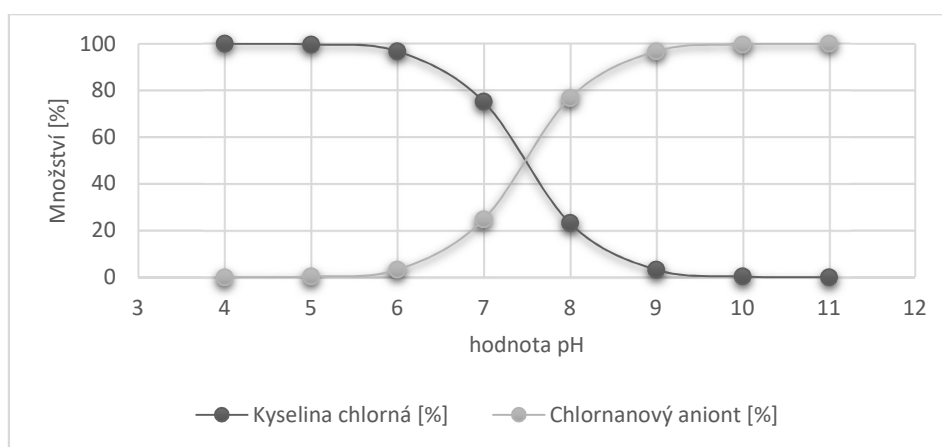
Druhy dezinfekcí chlórem a jeho sloučeninami:

- Plynný chlór – nejpoužívanější dezinfekce veřejných bazénů vzhledem ke svým některým vlastnostem, jako jsou dostatečná dezinfekční a oxidační účinnost, snadné dávkování, dostupnost, nízké náklady a kontrolovatelnost množství. Dodává se čistý v tlakových lahvích. [2]

Chlór je nejlepší používat při hodnotách pH 7,2 až 7,6. Při chemické reakci bazénové vody a chlóru vzniká kyselina chlorná a kyselina chlorovodíková, část zůstává ve formě molekul  $\text{Cl}_2$ . Zároveň se snižuje hodnota pH. Kyselina chlorná se při pH nad 7,5 dále rozkládá na chlornanový aniont. [2]



Kyselina chlorná má přibližně stokrát vyšší dezinfekční účinnost než chlornanové ionty. Proto je cílem získat co největší množství této kyseliny, která zajistí potřebnou dezinfekční účinnost. [2] Ještě o něco menší dezinfekční účinky oproti chlornanovým aniontům má vázaný chlór. Jeho vznik je podporován vyšším pH. V bazénové vodě je nežádoucí, jelikož je příčinou nežádoucího chlоровého zápachu vody a dráždění pokožky. [22]



Graf 3.1 Výskyt kyseliny chlorné a chlornanového aniontu v závislosti na pH vody [22]



- Chlornany – chlornan sodný nebo chlornan vápenatý se využívají především u menších bazénů, na rozdíl od nebezpečného plynného chlóru je jejich použití jednodušší a bezpečnější. Dávkování je buďto automatické pomocí dávkovacích čerpadel nebo se u menších bazénů může dávat dezinfekce přímo do bazénu. Vyrábí se elektrolýzou příslušných chloridů. [2] Oproti chlóru jde o nákladnější dezinfekci s vyššími požadavky na skladování, jelikož po přibližně dvou měsících skladování ztrácí svoji účinnost. [20]
- Chloraminy – spolu s potem a močí člověka se do bazénové vody dostává čpavek. Při reakci této chemické sloučeniny s chlórem vznikají chloraminy, které mají přibližně poloviční dezinfekční účinnost oproti volnému chlóru. Využití může být vhodné při nárazové dezinfekci vody. Chloraminy jsou v bazénové vodě spíše nechtěné, jelikož způsobují chlorový zápach a dráždění sliznic a očí. [2, 15]
- Oxid chloričitý (chlordioxid) – plyn je vhodný pro upravované povrchové vody, které jsou organicky znečištěné. Na rozdíl od chlóru má asi 2,5krát větší oxidační účinek, není závislý na hodnotě pH, doba dezinfekčního účinku je mnohem delší a nevznikají škodlivé trihalogenmethany. Plyn je vyráběn v místě spotřeby pomocí generátorů, které dávkuje chlordioxid do bazénové vody. Nevýhodná je vyšší potřeba plynu a pořizovací cena. [2, 17]
- Kyselina chlorná – využívá se pro nepřímé chlórování. Principem je chemická reakce chlórové vody a sody, při které vzniká kyselina chlorná. Výhodou je, že kyselina chlorná nezanechává chlórový zápach v bazénové vodě. [2]

### 3.4.2 Jódování

Jód je chemický prvek, který má jako jediný z halogenů pevné skupenství za běžných teplot. Zároveň je z halogenů nejtěžším a nejméně reagujícím prvkem, představuje tedy spolehlivé reziduum v bazénové vodě. To je důvodem, proč pro spolehlivou dezinfekci postačí menší dávka jódu. Jeho dezinfekční účinky sahají od nízkého pH, kde ničí cysty, až do oblasti vyšší pH, kde působí na viry nejlépe ze všech halogenů. [15] Dávkování je v porovnání s chlórem jednoduché a bezpečné. [2]

Dnes se využívá jódování vzácně, důvodem může být vysoká cena. Dříve se dezinfekce aplikovala zejména v USA. [15]

### 3.4.3 Brómování

Bróm dokáže efektivně ničit řasy a zajistí dlouhou dezinfekční účinnost v bazénové vodě. [2] I když se jedná o obdobný halogen jako je chlór, tak k dezinfekci bazénové vody je ho potřeba ve 3 - 4násobném množství. Výroba je také nákladnější. [19] Další nevýhodou je, že vytváří trihalogenmethany (THM) ve větším množství než chlór a vylučuje zdraví škodlivé páry, proto musí být dodrženy bezpečnostní předpisy. [2]

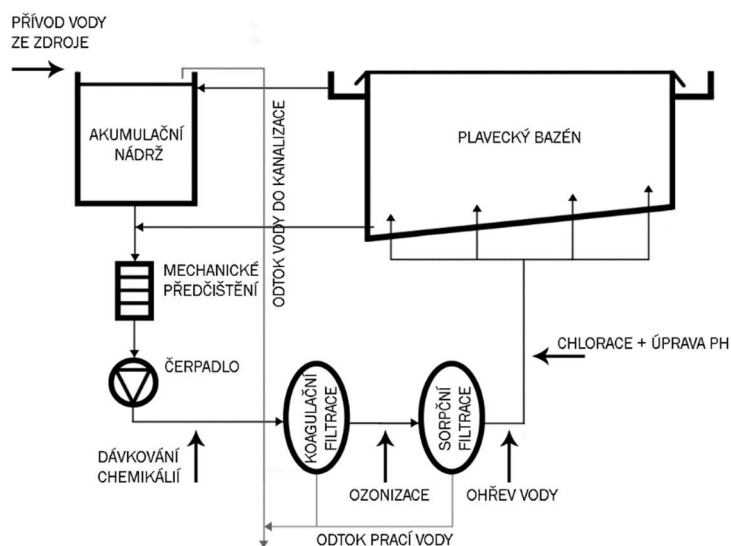
Dezinfekční přípravek na bázi brómu se využívá u nás jen výjimečně. V zahraničí se setkáme s použitím u menších bazénů. [2]

### 3.4.4 Ozonizace

Ozon je silně dráždivý, toxický, namodralý plyn, který má velmi silný oxidační a dezinfekční účinek. [17, 18] Všechny viry, bakterie a mikroorganismy, i ty které odolávají chlóru, při styku s ozonem zaniknou a zároveň zoxidují. [18] Ozon zajistí oxidaci organických látek, jako jsou fenoly, amoniak, močovina, zredukuje množství rozpuštěného organického uhlíku a sníží tvorbu trihalogenmethanů (THM). Dávkování je závislé na koncentraci organických látek ve vodě, a tak není jednoduché zjistit vhodnou velikost potřebné dávky. [21] Zároveň se musí zajistit reziduální účinek v bazénové vodě, který je vzhledem k velké reaktivitě ozonu minimální. To je důvodem, proč se dezinfekce ozonem kombinuje s chlórováním. Chlór zajistí delší dezinfekční účinnost v bazénové vodě. [18]

Vyhláška č. 238/2011 Sb. uvádí limitní koncentraci ozonu v bazénové vodě 0,05 mg/l. Aby byl požadavek zajištěn, navrhuje se do recirkulačního okruhu filtr s aktivním uhlím, který zajistí biologický stupeň čištění a rozloží zbytkový ozon. [18]

Ozon se vyrábí v místě spotřeby elektrickým výbojem vysokého napětí. Na rozdíl od chlórování, které je častěji používanou dezinfekcí, je ozonizace nákladnější a má silný korozivní účinek, potrubí by mělo být z materiálů na bázi PVC. [2]



Obr. 3.7 Příklad hydraulického systému s ozonizací

### 3.4.5 Peroxidy

Peroxid vodíku má silný oxidační účinek, ale jeho dezinfekční schopnosti a trvalý efekt jsou omezené. [2] Pro dosažení dlouhotrvajícího účinku je peroxid vodíku kombinován s koloidním stříbrem, které zajistí oligodynamickou dezinfekci bazénové vody. [23] Po využití bezchlorové chemie není ošetřená voda cítit po chlóru, nedráždí pokožku a oči a nevznikají škodlivé produkty chlorace. Mezi nejznámější prostředky patří Sanosil a HUWA-SAN. [2]

Tab. 3.4 Srovnání mezi účinkem SANOSILU a chlóru [23]

	SANOSIL	CHLÓR
Délka účinku	velmi dlouhá	krátká, závislá na teplotě a intenzitě slunečního záření
Citlivost na světlo	téměř nulová	střední
Citlivost na teplotu	téměř nulová	při zvýšené teplotě nastává silný rozklad
Vliv na pH	neutrální	zvýšuje pH
Nutná doba k likvidaci bakterií	střední	krátká
Vliv čpavku (močoviny) do 5mg/l	nula	tvorba chloraminu
Vznik zápachu	ne	ano
Změna chuti	ne	ano
Nebezpečí poškození při předávkování	prakticky nulové	ano

### 3.4.6 UV záření

Fyzikální metody dezinfekce bazénové vody nemají vliv na chemické složení vody, neovlivňují její zápach a chuť. Zároveň u nich nehrozí předávkování dezinfekce jako u chemických prostředků. [19] Vzhledem k těmto výhodám se fyzikální metody začaly upřednostňovat před chemickými např. v Holandsku a Berlíně. [17]

Elektrická energie se přemění na elektromagnetické záření, které způsobí fotochemickou reakci v jádrech žijících organismů. Tento účinek krátkovlnného záření zajistí přerušování reprodukce a likvidaci bakterií, jejich sporů a virů. Na rozdíl od chemických prostředků, které poškozují hmotu jádra buňky, UV záření působí na genetický materiál buňky, a tak buňkám zabraňuje v dalším rozmnožování a následně je usmrtí. Některé organismy jsou schopny opravit poškození nukleových kyselin v závislosti na světle, hodnotě pH vody, teplotě, typu mikroorganismu apod. Nejúčinnější vlnovou délkou pro likvidaci organismů je 254 nm. Zdrojem UV záření jsou nízkotlaké a středotlaké lampy. [21]

Pro zajištění delší dezinfekční účinnosti je vhodné kombinovat UV lampy s chlórováním. Podobně jako ozon, UV záření zajistí redukci chloraminů v bazénové vodě a omezí i další nežádoucí efekty chlorace jako jsou dráždění a nepříjemný chlórový zápach bazénové vody. UV lampa může být snadno implementovaná do stávající technologie úpravy vody. [18].



Obr. 3.8 UV lampa [24]

### 3.4.7 Ultrazvuk

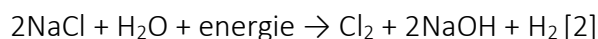
Ultrazvuk tvoří krátké zvukové vlny s vysokou frekvencí, které ve vodě způsobí intenzivní pohyb molekul. Těla mikroorganismů jsou méně pohyblivá než molekuly vody a plynu, a proto se postupně ničí. Vzhledem k vysoké spotřebě elektrické energie se tento způsob dezinfekce používá výjimečně. [2]

### 3.4.8 Dezinfekce teplem

Jedná se o nejstarší způsob dezinfekce bazénové vody. Už při dosažení teploty 70 až 75 °C se ve vodě zničí většina bakteriálních zárodků. Dezinfekční účinnost je nízká, protože s ochlazením se do bazénové vody dostávají nové mikroorganismy, proto se dá použít pouze u menších bazénů. [2]

### 3.4.9 Elektrolýza slané vody

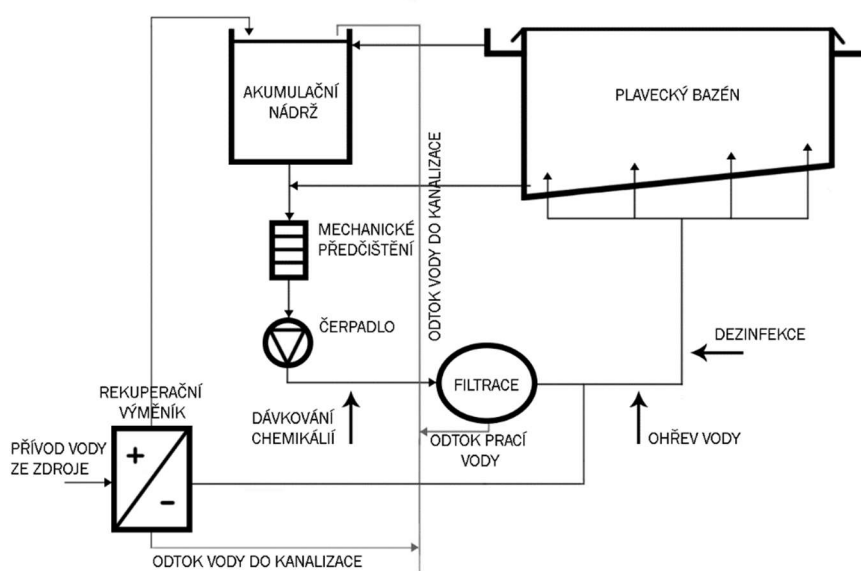
U menších bazénů se mohou používat pro dezinfekci vody zařízení pracující na principu elektrolýzy. Účinkem elektrického proudu dochází k rozkládání chloridu sodného, který se přidává do bazénové vody v množství 3,5 – 5 kg/m<sup>3</sup>. Postupně vzniká chlornan sodný, který likviduje organismy ve vodě. Následuje oddělení kyslíku, vzniká chlorid sodný a systém se opakuje. [2]



### 3.5 Ohřev vody

Důležitou položku v nákladech tvoří ohřev vody. Pokud chce provozovatel bazénu udržet dostatečnou návštěvnost, musí zajistit pro koupající příjemnou teplotu vody, která by v plaveckém bazénu měla být do 28 °C, u koupelového bazénu nad 28 °C. [3] Většinou je potřeba vodu ohřívat po celý rok, protože voda ze zdroje nedosahuje požadované teploty. [2]

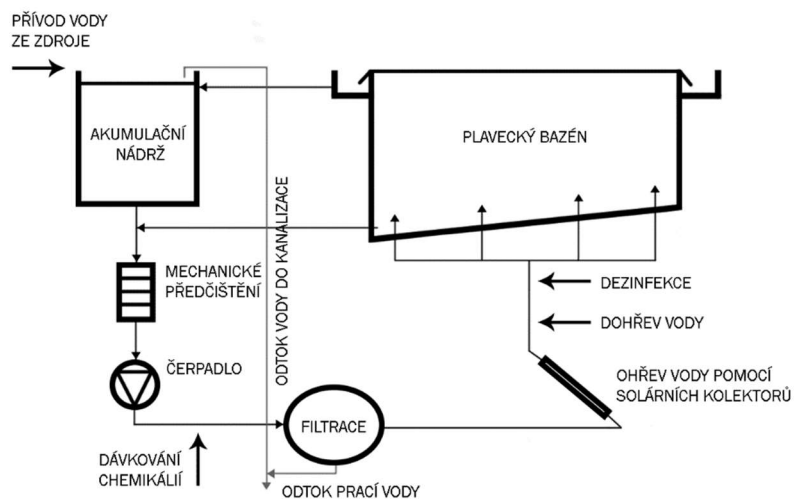
U menších bazénů je vhodnější využívat průtokové ohřivače nebo elektrický ohřev, u větších bazénů se nejčastěji využívají tepelné výměníky. Tepelné výměníky jsou buďto rekuperační, regenerační nebo směšovací. Touto cestou je možné získávat i teplo z odpadní vody z bazénu a ze sprch. [2] Na obrázku 3.9 je uvedený možný způsob získávání tepla z bazénové vody přes rekuperační výměník.



Obr. 3.9 Hydraulický systém s rekuperačním výměníkem [2]

Dalším způsobem, kterým lze zužitkovat odpadní teplo, je tepelné čerpadlo. Využívá se odpadního tepla z cirkulujícího vzduchu nebo z vypuštěné vody ze sprch a bazénu. [2, 25]

Ekonomickou variantou, která se v dnešní době dostává do popředí, jsou solární kolektory. Ohřev probíhá buďto přímo, kdy bazénová voda protéká přes kolektory, anebo nepřímo s využitím výměníku. [25] Mohou zajistit urychlení ohřevu vody a prodloužení teplé sezóny. [15]



Obr. 3.10 Hydraulický systém s přímým ohřevem pomocí solárních kolektorů

Potřeba tepla je ovlivněna tepelnými ztrátami. Velké snížení tepelných ztrát se zajistí snížením odparu vody pomocí zakrývání bazénů. Může se jednat o různé plachty, plovoucí matrace, plovoucí transparentní kuličky z tepelně izolační hmoty nebo zakrývání průhlednými segmenty na způsob skleníku. [2]

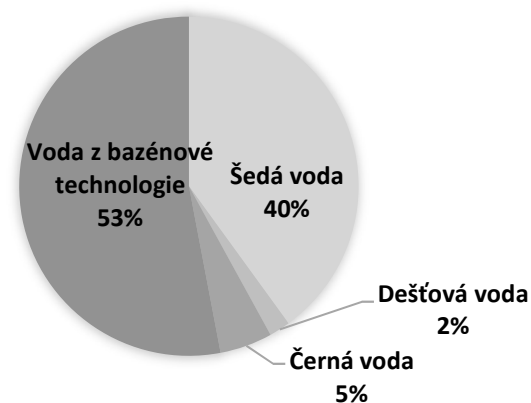
## 4 ODPADNÍ VODY V PLAVECKÉM AREÁLU

### 4.1 Odpadní vody a jejich likvidace

Plavecké areály se vyznačují velkým množstvím vody, které se do objektu přivádí a po určité době odvádí jako odpadní voda. Nejjednodušším řešením likvidace vody je napojení vnitřní kanalizace na veřejnou. Vzhledem k velkému množství vody je třeba mít souhlas správce kanalizační sítě. V případě nárazového vypouštění vody z bazénu je vhodnější, po souhlasu příslušného úřadu, vodu odvést do nejbližšího recipientu. [2]

Oproti splaškovým vodám je voda ze sprch a z technologie bazénu méně znečištěná. Jedná se o velké objemy vody, u kterých míra znečištění souvisí hlavně s návštěvností. Znovuvyužití této vody by mohlo zajistit snížení provozních nákladů.

Jak je zřejmé z grafu 4.1, nejvíce odpadních vod vznikajících v plaveckých areálech jsou vody z bazénové technologie.



Graf 4.1 Předpokládané odpadní vody v plaveckém areálu

## 4.2 Dělení vod

### 4.2.1 Šedá voda

Šedé vody jsou definovány jako: „*splaškové odpadní vody neobsahující fekálie a moč*“. Splaškové odpadní vody jsou dále definovány jako: „*odpadní vody z kuchyní, prádelen, koupelen, záchodů a podobných prostorů*“. [26] Jsou to tedy vody odtékající ze sprch, praček, umyvadel a dřezů.

### 4.2.2 Bílá voda

Vyčištěním šedé vody vzniká bílá voda. Používá se jako voda provozní pro splachování záchodů, mytí podlah, na závlahu apod. [27]

### 4.2.3 Žlutá voda

Jedná se o odpadní vodu obsahující moč s minimálním obsahem ředící vody. Získá se použitím bezvodých pisoárů a speciálních toalet, které umožňují separovat moč. Žlutá voda snižuje koncentraci nutrientů v odpadních vodách a je využita jako kvalitní hnojivo v zemědělství. [27]



Obr. 4.1 Toaleta s oddělením moči [28]

### 4.2.4 Hnědá voda

Hnědá odpadní voda je tvořena odpadními vodami z toalet obsahujících fekálie. Obsahuje velké množství nutrientů, jako jsou dusík, fosfor a draslík. Stejně jako ze žlutých vod, tak i z vod hnědých je možné získat pomocí vhodné technologie přírodní hnojivo. [27]

### 4.2.5 Černá voda

Černé vody tvoří odpadní voda, která obsahuje fekálie a zároveň i moč. [26] Oproti šedým vodám jsou více organicky zatížené a jejich recyklace by byla mnohem nákladnější.



#### **4.2.6 Voda z bazénové technologie**

V některých informačních zdrojích, jako je např. [29], je tento zdroj odpadní vody zařazen k šedým vodám. Vzhledem k chybějící legislativě a velkému vodnímu objemu je tato voda zařazena do samostatné skupiny.

Patří sem voda z vypouštění bazénu, prací voda a odpadní voda vzniklá při zředování bazénu.

#### **4.2.7 Dešťová voda**

Přirozené srážkové vody se využívají již mnoho let. Jako levný a optimální zdroj vody se využívají nejčastěji pro zalévání zahrad. Využívat se můžou i jako voda užitková pro praní, splachování záchodů nebo jako zdroj vody pro úklidové práce. [30]

## 4.3 Využití šedé vody

Některé země trpí nedostatkem kvalitních vodních zdrojů a voda pro ně má vysokou hodnotu. Pro tyto oblasti může být běžné využívání šedých vod. U nás většina těchto vod odchází do kanalizace a její potenciál zůstává nevyužit. Důvodem může být dostatek zdrojů vody a nákladné řešení pro využívání odpadních vod. S předpokládaným nárůstem cen za vodu a energie bude myšlenka využívání šedých vod nabývat na důležitosti.

V dnešní době není k dispozici česká legislativa zabývající se šedou vodou, a proto se často vychází z anglické normy BS 8525-1. Z této normy bude vycházet i připravovaná norma ČSN 75 6780, která se bude zabývat využitím šedých a dešťových vod. [13]

### 4.3.1 Zdroje šedé vody

Šedé vody jsou odpadními vodami, které neobsahují splašky. V plaveckých areálech by se k těmto vodám mohly zařadit vody ze sprch, umyvadel a vody z dřezů a myček. Vody z různých zdrojů se mezi sebou odlišují obsahem bakterií, virů, chemikálií a dalších polutantů, jak popisuje tab. 4.1. [29]

Tab. 4.1 Zdroje šedých vod v bazénových provozech [29]

Zdroj šedé vody	Charakteristika znečištění šedé vody
Sprchy	bakterie, vlasy, zápach, oleje a tuky, prostředky péče o tělo, nerozpuštěné látky
Dřezy	bakterie, zbytky jídel, tuky a oleje, organické zbytky, mycí prostředky, nerozpuštěné látky a zákal
Myčky nádobí	Bakterie, plísně, zbytky jídel, vysoké pH, zápach, oleje a tuky, organické a nerozpuštěné látky

Zdroje šedé vody:

- Voda ze sprch – při sprchování se využívají nejrůznější přípravky, jako jsou mýdla, šampony, barvy na vlasy, které vnášejí do vody množství chemikálií. Zároveň může voda obsahovat produkty lidského metabolismu. Aby se voda nestala vhodným prostředím pro množení mikroorganismů, měla by být v případě recyklace dezinfikována. [29]
- Voda z dřezů v občerstvení – odpadní vody z kuchyňských dřezů a myček mívají vysokou míru znečištění, proto se většinou o jejich znovuvyužití neuvažuje. [29]

### 4.3.2 Kvalita a využití šedé vody

Kvalita šedé vody je z různých zdrojů odlišná, některé zdroje mohou být vhodnější a jednodušší na úpravu. Důležité ale je, aby se s šedou vodou naložilo tak, aby její možné znovuvyužití nepředstavovalo riziko pro zdraví obyvatel ani pro životní prostředí. [29]

Tab. 4.2 Hodnoty biochemické a chemické spotřeby kyslíku a pH v šedých vodách [31]

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky	Neseparovaná šedá voda
BSK5 [mg/l]	45 - 682	19 - 200	669 - 756	41 - 194
CHSK [mg/l]	375	64 - 8000	26 - 1600	49 - 623
pH	9,2 - 10	5 - 8,6	6,3 - 7,4	6,1 - 8,4

Nejčastější využití recyklované šedé vody je pro zalévání zeleně, dále pro úklid, splachování záchodů, výlevek a pisoárů a pro praní. Požadavky na jakost vody jsou uvedené v tab. 4.3. Upravená voda by měla být na pohled čistá a bez plovoucích nečistot. Postřikové a bezpostřikové aplikace se liší vznikajícími aerosoly. [13]

Tab. 4.3 Požadavky na jakost bílé vody [13]

Parametr	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace		
	Tlakové mytí, zahradní rozstřikovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad	Praní
Escherichia coli počet/100ml	Nezjišťuje se	250	250	Nezjišťuje se
Střevní enterokoky počet/100ml	Nezjišťuje se	100	100	Nezjišťuje se
Legionella pneum. počet/100ml	10	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat
Koliformní bakterie celkem počet/100ml	10	1000	1000	10

### 4.3.3 Úprava šedé vody

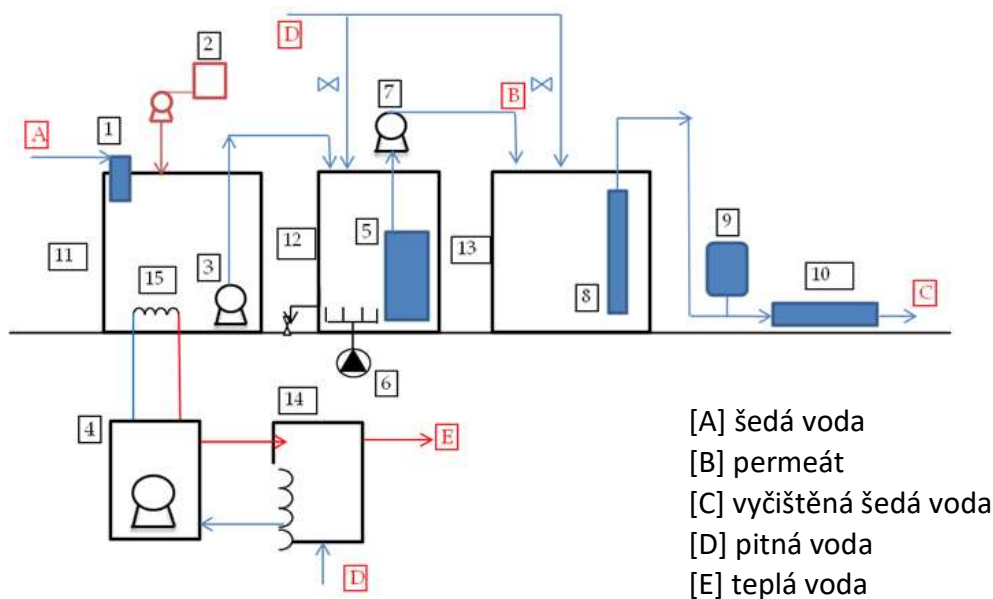
S ohledem na další využití upravené šedé vody se navrhne technologie čištění. Ta se dá rozdělit podle typu procesu na úpravu mechanickou, chemickou, fyzikální, biologickou a způsoby přírodního čištění. [13]

Pro některé využití šedé vody je dostačující mechanická úprava. Pro jiné je to jen počátkem čištění před další úpravou. Mechanická úprava probíhá s využitím česlí, sedimentačních nádrží a sít. V závislosti na dalším stupni čištění se využívají velikosti průlin česlí a sít od 0,2 mm do 3 mm. Pro podpoření následné úpravy se do vody přidávají chemikálie, které zajistí její vyšší účinnost. [13] V dnešní době se upřednostňuje úprava prováděná pomocí biologického reaktoru s membránovou separací. [32] V nádrži je provzdušňován aktivovaný kal tvořený mikroorganismy, které se živí biologickým znečištěním vody a následně je šedá voda filtrována přes membránu do akumulací nádrže. [13] Většinou tyto membrány zajistí i hygienické zabezpečení vody. [32]

Dříve se namísto membránových bioreaktorů využívaly filtry se zrnitou náplní. [32] Volba a frakce filtračního materiálu závisela na složení šedé vody a požadovaném výsledku. Nejčastěji byla náplň tvořená křemičitým pískem, granulovaným aktivním uhlím či antracitem. [13] Vzhledem k větším prostorovým nárokům na filtraci se od jejich používání ustoupilo. [32]

Přírodní postupy čištění se často používaly v minulosti, ale i dnes se s nimi dá setkat např. u chat. [32] Příkladem mohou být mokrořady, kořenové čistírny a rákosová pole. [13]

V případě, že úpravou nedojde k hygienickému zabezpečení vody, je důležité ho zajistit pomocí dezinfekčních prostředků, které sníží a odstraní množství organismů ve vodě. Z chemických metod dezinfekce se využívá chlorace, ozonizace a případně další oxidační procesy. Nejčastějším užívaným fyzikálním způsobem, který neovlivňuje kvalitu bílé vody, je dezinfekce UV zářením. [13]



Obr. 4.2 Schéma uspořádání zařízení na čištění šedých vod a zpětného získávání tepla [13]

Legenda: 1. jemné síto, 2. dávkování chemikálií, 3. přečerpávání šedé vody do reaktoru, 4. tepelné čerpadlo, 5. membránový modul, 6. dmýhadlo, 7. čerpadlo permeátu, 8. ponorné čerpadlo automatické čerpací stanice, 9. membránová tlaková nádoba, 10. UV lampa, 11. vyrovnávací nádrž šedých vod, 12. reakční nádrž, 13. akumuláční nádrž z vyčištěné vody, 14. zásobník teplé vody, 15. tepelný výměník

Obrázek 4.2 znázorňuje možné schéma čištění šedé vody a využití tepla z nich. Šedá voda ze zařizovacích předmětů se přes mechanické předčištění dostává do vyrovnávací nádrže, která vyvažuje nerovnoměrnosti produkce šedých vod. Zároveň tu může být umístěn tepelný výměník, který umožňuje zpětné získávání tepla. Voda je dále čerpána do reakční nádrže, kde je provzdušňována. Umístěný membránový modul separuje aktivovaný kal a permeát. Z reakční nádrže je vyčištěná voda čerpána do akumuláční nádrže, odkud je přes dezinfekci UV zářením dodávána do oddílného vodovodu. [13]

#### 4.3.4 Akumulace šedé vody

Vzhledem k možnému růstu mikroorganismů by se neměla šedá voda skladovat delší dobu. Pro akumulaci vody se používá vodotěsná nádrž, která je vyrobená z odolného materiálu nepodléhajícímu korozi. Tuto nádrž je vhodné umístit v zemi nebo v suterénu budovy, aby se zajistily vhodné skladovací podmínky, jako jsou nízká teplota a nedostatek světla. [13]

Součástí nádrže by měl být přepad do kanalizace a v případě odstávky nádrže obtok odvádějící šedou vodu do kanalizace. [13]

## 4.4 Využití vody z bazénové technologie

Největší objem vody v plaveckých areálech je tvořen vodou z bazénové technologie. Oproti šedým vodám ze sprch je tento zdroj vody jen mírně znečištěn, a tedy velmi vhodný pro další využití.

### 4.4.1 Vody z bazénové technologie

Mezi odpadní bazénové vody patří voda, která je nahrazována vodou ředící a voda z vypouštění bazénu. Do skupiny vod z bazénové technologie patří i voda z praní filtrů. Vody mají zvýšený obsah chlóru a mohou obsahovat mikrobiální znečištění.

### 4.4.2 Kvalita a využití vody z bazénové technologie

Vzhledem k tomu, že bazénové vody musí splňovat požadavky na jakost vody v umělých koupalištích uvedené v tab. 2.2., a tedy jejich znečištění není tak veliké, mohly by se stát vhodným zdrojem pro recyklaci vody. [3] Nejsnadnějším využitím této vody může být na úklid a splachování. Kvůli vyššímu obsahu chlóru je tato voda pro zalévání zahrad nevhodná. [15] Voda by měla splňovat požadavky pro bílé vody, které jsou uvedené v tab. 4.3.

Většina bazénů odebírá vodu pro praní filtrů z recirkulačního okruhu bazénu. Ztráta této vody je vyrovnávána pomocí doplňkové a ředící vody, které snižují koncentraci znečištění v bazénech a zajišťují dostatečné množství vody. V případě využití tohoto systému je nutné navrhnout akumulaci nádrží tak, aby se v ní zajistilo potřebné množství vody pro praní filtrů. [15] Tento postup zajistí podstatné snížení množství odpadní vody.

Množství přebytečné vody vzniklé jejím ředěním by se mohlo využít i jiným způsobem. Bazénová teplá voda by se mohla stát vhodným zdrojem pro zásobování sprch. Nejen že se ušetří část pitné vody, ale zároveň se sníží i potřeba tepla na ohřev vody [10].

Pro možnost využití bazénové vody do sprch musí být voda částečně upravena, aby splňovala požadavky zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Konkrétněji se jedná o požadavky uvedené ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody a ve vyhlášce č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.

Bazénová voda, která se dá odebírat pouze na výstupu recirkulace, je upravená tak, aby odpovídala hygienickým požadavkům uvedeným v tab. 2.2 podle vyhlášky č. 238/2011 Sb. Množství volného chlóru v bazénové vodě musí být mezi 0,3 – 0,6 mg/l. Oproti tomu je ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. požadavek na obsah volného chlóru v pitné vodě max. 0,3 mg/l. U vody používané pro sprchování je nutné tento požadavek splnit a hodnotu chlóru ve vodě sledovat. [10]

#### 4.4.3 Úprava bazénové vody

Z hlediska požadavků, které musí splňovat bazénová voda, by pro potřeby splachování nebo pro úklid nemusela být dále upravována.

*„Je-li voda z bazénu použita i pro rozvody do sprch, lze použít pouze vodu na výstupu z recirkulace a po provedení její dezinfekce.“* [3] Voda je tedy odebírána z recirkulačního systému až po filtraci a případné úpravě pH. Dezinfekce se může provést pomocí UV záření, která zajistí likvidaci mikroorganismů, rozloží organické sloučeniny a vázaný chlór. [10, 18] Pro zajištění dezinfekční účinnosti v akumulární nádobě je vhodné vodu chlorovat, ale jen tak, aby hodnota nepřesáhla 0,3 mg/l. [10]

#### 4.4.4 Akumulace vody z bazénové technologie

Akumulační nádrž musí být vodotěsná, vyrobená z odolného materiálu, který nepodléhá korozi. Součástí nádrže by měl být přepad do kanalizace a obtok odvádějící vodu do kanalizace. [13]

## 4.5 Využití dešťové vody

V budovách se denně spotřebuje velké množství pitné vody. Pro některé účely není nutné využívat drahou pitnou vodou, ale její funkci může nahradit dešťová voda. Na rozdíl od upravované chlorované pitné vody je tato voda levná, přirozenější pro zalévání zahrady a měkčí, což zajistí snížení vodního kamene.

### 4.5.1 Zdroj dešťové vody

Účinkem sluneční a gravitační energie dochází ke koloběhu vody. Pomocí sluneční energie se voda odpaří a vytvoří se z ní oblaka. Vodní pára z kondenzuje a dopadne na zemský povrch v podobě vodních srážek či sněhu. Ze zemského povrchu je dešťová voda odváděna do řek, vsakuje se anebo opět vypaří. Vodu z atmosférických srážek můžeme zachytávat a vhodně využít.

Norma ČSN EN 12056-1 definuje dešťové vody jako srážkové, které nebyly znečištěny použitím. Podle normy ČSN EN 1085 jsou srážkové vody vodou dešťovou, dokud nedopadnou na zemský povrch. Po dopadu na zemský povrch se již jedná o povrchové a po vsaku o podzemní vody.

### 4.5.2 Kvalita a využití dešťové vody

Mraky vznikají vypařováním vody, a proto je zpočátku srážková voda vodou bez rozpuštěných látek, tedy destilovanou. Kvalita vody je ovlivňována znečištěním vzduchu jak v atmosféře, tak na povrchu území, kde se nahromaděné znečištění odvádí společně s touto vodou do řek a recipientů. Tab. 4.4 udává průměrné hodnoty chemického složení srážek v České republice z roku 2014. [33]

Tab. 4.4 Chemické složení srážek v ČR [33]

	Ca	Mg	Na	K	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
mg/l	0,370	0,060	0,250	0,190	0,900	1,700
	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe	Mn	Pb	F
mg/l	0,310	2,400	0,017	0,007	0,002	0,012

Součástí většiny rodinných domů je nádoba na vodu např. sud, který dešťovou vodu zachytává. Tato voda se nejčastěji využívá pro zalévání. Dešťová voda je vhodná i pro další účely jako je splachování toalet, úklid, praní či mytí aut. V závislosti na způsobu použití dešťové vody by měla voda splňovat požadavky na kvalitu vody. [30]

Dešťová voda by mohla být vhodná i pro osobní hygienu, ale musela by projít úpravou, která by zaručila, že její kvalita bude odpovídat vodě pitné. [34]



Tab. 4.5 Požadavky na jakost dešťové vody [13]

Parametr	Použití		Typ systému
	Tlakové mytí a zahradní rozstřikovače	Zavlažování zahrad a splachování WC	Praní
Escherichia coli počet/100ml	1	250	Jedno místo a komunální domácí systémy
Střevní enterokoky počet/100ml	1	100	Jedno místo a komunální domácí systémy
Legionella pneum. počet/100ml	100	neuveдено	Pokud je analýza nezbytná, jak je uvedeno v posouzení rizik
Koliformní bakterie celkem počet/100ml	10	1000	Jedno místo a komunální domácí systémy

Možné využití dešťové vody:

- Zavlažování - oproti upravované pitné vodě má dešťová voda menší obsah soli a navíc neobsahuje chlór. [30]
- Praní prádla – měkká dešťová voda rozpouští lépe prací prostředky, a tím snižuje jejich potřebné množství a zároveň nevytváří vodní kámen. [30]
- Splachování WC – požadavky na jakost vody na splachování nejsou vysoké, a tak by bylo zbytečné plýtvat vodou vysoké kvality. Dešťová voda zaručí, že nebude docházet k usazování vodního kamene jako u tvrdé vody. [30]
- Údržba – může se jednat o mytí aut, mytí podlah a další úklid, kde není požadavek na kvalitní pitnou vodu. [30]
- Sprchování – lze využít, pokud je voda upravená tak, aby byla vhodná pro tělesnou hygienu. Podle nařízení EU musí mít voda kvalitu odpovídající vodě pitné. Úprava dešťové vody může být zajištěna pomocí filtrace, membránové stanice s mikrofiltrací a UV zářením. [34]

Tab. 4.6 Požadavky na látkové složení dešťové vody u různých způsobů využití [33]

Druh znečištění	Požadavky na složení dešťové vody ze střech				
	Závlahy	Úklid	WC	Praní prádla	
Nerozpuštěné látky	Inertní jsou neškodné	Při vyšších koncentracích nevhodné	Zpravidla bez významu	Zpravidla nutná úprava (filtrace)	
Organické látky	Inertní a lehce odbouratelné jsou neškodné	Zpravidla bez významu		Zpravidla bez významu	V obvyklých koncentracích bez významu
Těžké kovy	Nebezpečí akumulace v půdní vrstvě				
Pesticidy	Ohrožení rostlin a půdních organismů				
Mikroorganismy	Zpravidla bez významného vlivu				
Barva					Nebezpečí obarvení
Zápach					Zpravidla bez významu
Agresivita vody					Podle složení vody a typu pračky
Celkové posouzení	Dešťová voda ze střech je často mnohem vhodnější než pitná voda		Použití zpravidla bez omezení		Použití zpravidla bez omezení

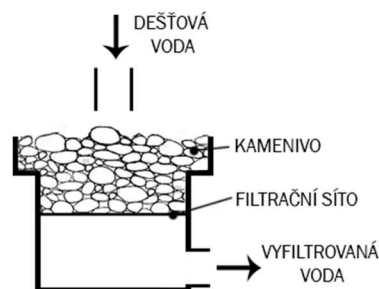
#### 4.5.3 Úprava dešťové vody

Pokud se využívá dešťová voda na zalévání zahrady, postačí, když se zabrání větším nečistotám v přístupu do nádrže. V případě jiného využití může být dešťová voda upravována pomocí filtrace a sedimentace. [33]

Základem řešení je akumulární nádrž a filtrace. Průliny filtrů od desetin milimetrů zajistí jakost vody pro splachování a praní, zatímco ultrafiltrace zvedne úroveň jakosti vody pro využití i v oblasti osobní hygieny. Filtrační zařízení může být umístěné ve svodu nebo až v akumulární nádrži. [35]

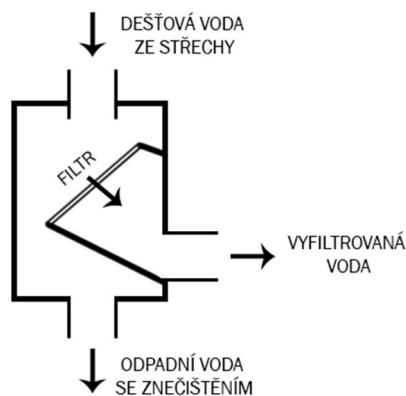
Rozlišují se tyto typy filtrů:

- Filtrační podokapový hrnec – zařízení je zapuštěno do země a na jeho filtračním sítku je umístěna cca 5 cm vrstva kameniva, která zachytává nečistoty. Sítko a kamenivo ještě odděluje vložka z netkané textilie. Takto upravená voda se může použít na zavlažování či vsakování. [33]



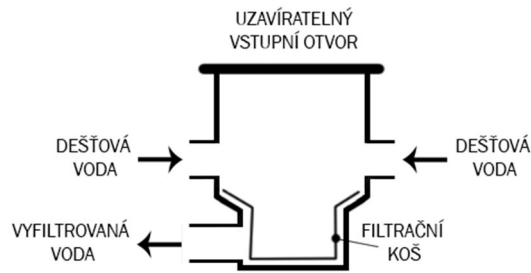
Obr. 4.3 Filtrační podokapový hrnec [33]

- Okapový filtr – filtr je nasazen na okapový svod. Zajistí vyčištění dešťové vody od hrubších nečistot. [33] Vyfiltrovaná voda se odvádí do sudu nebo nádrže. Nečistoty, které jsou zachyceny na filtru jsou odváděny spolu s vodou do kanalizace. Do kanalizace je odváděna i veškerá voda po naplnění nádrže a při uvedení filtru mimo provoz, jako by tomu mělo být v zimním období. [36]



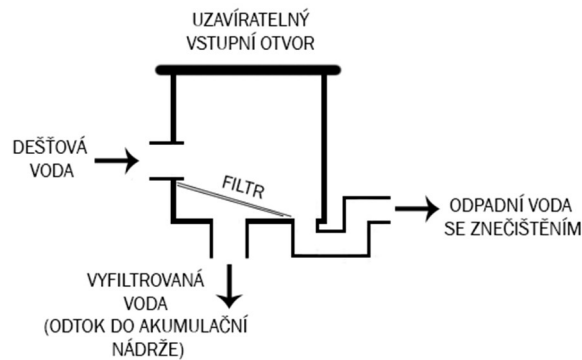
Obr. 4.4 Okapový filtr [33]

- Košíčkové filtry – jsou napojeny na ležaté svody a všechna voda přes ně proteče do akumulární nádrže. Mohou se použít pro většinu druhů využití dešťové vody. Nevýhodou je, že jsou filtry zanášeny a musí se čistit. [33]



Obr. 4.5 Košíčkový filtr [33]

- Samočistící filtrační jednotky – na drátěné síto filtrační jednotky dopadá znečištěná voda. Část vody se vyčistí a proteče do akumulací nádrže, zbylá malá část odtéká s nečistotami do kanalizace. [33]



Obr. 4.6 Samočistící filtr [33]

- Filtry určené do tlakového potrubí – jedná se o jemné filtry umístěné ve výtlačném potrubí za čerpadlem. Zaručí kvalitu vody pro splachování záchodů a praní. [33] Filtračních náplní je celá řada, některé zajistí odstranění mechanických nečistot, jako je písek, rez atd. Jiné zase likvidují bakterie či zabrání zanášení vodního kamene do potrubí. [37]

#### 4.5.4 Akumulace dešťové vody

Podobně jako nádrže na šedou vodu mohou být nádrže na dešťovou vodu umístěny uvnitř budovy nebo mimo budovu. Častým řešením je umístění nádrže vně budovy pod terén. Pro správnou funkci musí být vybavena uzavíratelným vstupním otvorem, přívodním potrubím dešťové vody, bezpečnostním přelivem, vypouštěcím a větracím potrubím. [13] Používají se nádrže z plastu, železobetonu, ocele, sklolaminátu a další. Velikost nádrže se volí s ohledem na množství srážek a uvažovanou délkou skladování. Skladovací doba by neměla být moc dlouhá, aby nedošlo k znehodnocení vody. [35]

## 5 ZÁVĚR

V teoretické části byly popsány možnosti hospodaření s vodou v bazénech od vodních zdrojů přes úpravu až po vznikající odpadní vody. Zároveň bylo naznačeno, jaké by mohly být možnosti pro znovuvyužití již částečně znečištěných vod.

Velké objemy bazénových vod mají značný potenciál pro další využití. V domácnostech tento zdroj vody není k dispozici, ale je tu určité množství dešťových a šedých vod nad jejichž využitím by se dalo také uvažovat. Problematika znovuvyužití odpadních vod se dostává do povědomí občanů zásluhou médií a je tedy možné očekávat zvýšený zájem o využívání těchto alternativních zdrojů.

V nedávné době proběhla studie Českého rozhlasu, která se zabývala plýtváním kvalitní vodou v České republice. Během jednoho dne se měřila spotřeba vody na splachování, na zalévání, na napouštění domácích bazénů a množství vody, které uniklo z poškozeného potrubí. Jen velmi malá část vody byla využita pro pitný režim obyvatelstva. Oproti vodě určené k pití bylo pro zalévání využito 2násobné množství a pro splachování záchodů 8násobné množství. Podobná část se ztratila ve vodovodním potrubí při cestě ke spotřebiteli. Pro napouštění domácích bazénů bylo využito až 500násobné množství vody. Studie se snaží poukázat na zbytečně velké objemy kvalitní vody. [38]

Naše společnost by se měla zamyslet nad tím, zda se neplýtvá kvalitní vodou a nebylo by vhodnější využít i jiné zdroje, jako je dešťová nebo šedá voda.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Poklad zvaný voda. *EnviWeb s.r.o.* [online]. 2008. [cit. 2017-10-10]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/73711>
- [2] KRIŠ, J. Bazény a kúpaliska. Bratislava: Jaga, 2000. ISBN 80-88905-30-3.
- [3] Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. MZ ČR, 2011.
- [4] Podzemní voda – zdroj vody k napouštění bazénu? *Joki, s.r.o.* [online]. [cit. 2017-10-13]. Dostupné z: <http://www.bazenovachemiepraha.cz/podzemni-voda-clanek>
- [5] Jak a proč se čerpají minerální vody? *Referenční laboratoře přírodních léčivých zdrojů – Karlovy Vary.* [online]. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z: <http://www.rlplz.cz/jimanivod.htm>
- [6] Zákon č. 164/2001 Sb. Zákon o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon). 2001.
- [7] Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. MZ ČR, 2004.
- [8] VALÁŠEK, Jaroslav a kol. Zdravotnětechnická zařízení budov. 2. vyd. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-8076-038-1.
- [9] Zákon č. 258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. 2000.
- [10] POSPÍŠIL, Richard. Využití upravené bazénové vody do očistných sprch pro plavecký areál. *TZB-info.* [online]. 2009. [cit. 2017-10-17]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5734-vyuziti-upravene-bazenove-vody-do-ocistnych-sprch-pro-plavecky-areal>
- [11] PLOTĚNÝ, Karel. Jednotlivé druhy vod v domě a hospodaření s nimi. *ASIO, spol. s.r.o.* [online]. 2013. [cit. 2017-10-17]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/187.jednotlive-druhy-vod-v-dome-a-hospodareni-s-nimi>
- [12] ČSN 06 0320. Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování. ČNI, 2006.
- [13] PLOTĚNÝ, Karel. Využití šedých a dešťových vod v budovách. *TZB-info.* [online]. 2013. [cit. 2017-10-17]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>
- [14] ŠMÍD, Milan. Bazénová technologie pro koupaliště, hotelové bazény a lázeňské provozy. *APR – Asociace pracovníků v regeneraci.* [online]. [cit. 2017-10-

- 18]. Dostupné z:  
[http://www.aprcz.cz/pages/osveta/technologie/bazenove\\_technologie.pdf](http://www.aprcz.cz/pages/osveta/technologie/bazenove_technologie.pdf)
- [15] BIELA, Renata. BERÁNEK, Josef. Úprava vody a balneotechnika. Brno: CERM, 2004. ISBN 80-214-2563-6.
- [16] SVOBODA, František. Filtrace bazénové vody. In: *Bazén & sauna*, 2006, č. 3/4, s. 30-32.
- [17] TŘEŠKA, Michal. Úprava vody v bazénech. *TZB-info*. [online]. 2015. [cit. 2017-10-19]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/bazeny/12949-uprava-vody-v-bazenech>
- [18] ŠIMÁNEK, Petr. Jak bojovat s bazénovými vetřelci. In: *Bazén & sauna*, 2009, č. 3/4, s. 34-36.
- [19] ŠMÍD, Milan. Dezinfekce vody. In: *Zpravodaj APR*, 2017, č. 3, s. 10-13. [online]. Dostupné z: <http://www.aprcz.cz/wp-content/uploads/2017/03/Zpr170819.pdf>
- [20] BIELA, Renata. Využití chloru při dezinfekci bazénových vod. *TZB-info*. [online]. 2015. [cit. 2017-10-30]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/bazeny/12399-vyuziti-chloru-pri-dezinfekci-bazenovych-vod>
- [21] Aplikace ozonu a UV záření v bazénových vodách. *APR – Asociace pracovníků v regeneraci* [online]. [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: <http://www.aprcz.cz/pages/osveta/technologie/ozon.pdf>
- [22] HOUŽVIČKA, Jiří. Účinnost chloru ve vodě v závislosti na pH. *TZB-info*. [online]. 2007. [cit. 2017-11-3]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/bazeny/3920-ucinnost-chloru-ve-vode-v-zavislosti-na-ph>
- [23] Bazénová chemie – čistá voda ve vašem bazénu. *ASEKO s.r.o.* [online]. [cit. 2017-10-26]. Dostupné z: <http://www.cistybazen.cz/pages/cz/cisty-bazen.php>
- [24] Bazénová UV lampa 130W Amalgam do 150m3. *Bazenonline.cz*. [online]. [cit. 2017-10-30]. Dostupné z: <https://www.bazenonline.cz/bazenova-uv-lampa-130w-amalgam>
- [25] Ohřevy. *RC bazény*. [online]. [cit. 2017-11-1]. Dostupné z: <http://www.rcbazeny.cz/cs/ohrevy-bazenu>
- [26] ČSN EN 12056-1. Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy – Část 1: Všeobecné a funkční požadavky. ČNI, 2001.
- [27] LHOTÁKOVÁ, Zdeňka. Zpětné využívání odpadních vod v domech pro bydlení. *TZB-info*. [online]. 2014. [cit. 2017-11-02]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/11202-zpetne-vyuzivani-odpadnich-vod-v-domech-pro-bydleni>
- [28] Separační eko toaleta WM Classic. *ELIA ELEKTRO, s.r.o.* [online]. [cit. 2017-11-02]. Dostupné z: <http://elia.cz/separacni-toalety/21-wm-classic-b.html>

- [29] MARŠÁLKOVÁ, Eliška. DOŠEK, Michal. MARŠÁLEK, Blahoslav. Stíny a odstíny šedých vod. In: *Vodní hospodářství*, 2017, č. 5, s. 32-33.
- [30] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení. Kvalita dešťové vody a její čištění. *TZB-info*. [online]. 2007. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>
- [31] BIELA, Renata. Kvalita šedých vod a možnost jejich využití. *TZB-info*. [online]. 2011. [cit. 2017-11-10]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>
- [32] PLOTĚNÝ, Karel. Bartoník, Adam. Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich. *ASIO, spol. s.r.o.* [online]. 2012. [cit. 2017-11-10]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/153.cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>
- [33] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení. *TZB-info*. [online]. 2007. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>
- [34] BARTONÍK, Adam. RINGELSTEIN, Oliver. Můžeme se sprchovat dešťovou vodou? Nyní už ano! In: *ASIONEWS*, 2016, č. 66, s. 9-12.
- [35] ŠRÁMEK, Martin. Nádrže a filtry pro akumulaci a využití srážkových vod. In: *ASIONEWS*, 2017, č. 69, s. 14-15.
- [36] Okapový filtr nebo sběrač dešťové vody? *panfitinka.cz*. [online]. 2016. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <https://www.panfitinka.cz/post/okapovy-filtr-sberac-destove-vody>
- [37] Vy ještě nemáte filtr na vodu? *panfitinka.cz*. [online]. 2016. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <https://www.panfitinka.cz/post/jak-vybrat-filtr-na-vodu>
- [38] Kolik pitné vody proteče Českem za 24 hodin zbytečně? Počítejte s naší aplikací. *iROZHLAS.cz*. [online]. 2017. [cit. 2017-11-13]. Dostupné z: [https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/voda/tyden-vody-kolik-pitne-vody-protece-ceskem-za-24-hodin-zbytecne\\_1706210800\\_cib](https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/voda/tyden-vody-kolik-pitne-vody-protece-ceskem-za-24-hodin-zbytecne_1706210800_cib)



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1 Inverzní hydraulický systém [2]

Obr. 3.2 Smíšený hydraulický systém [2]

Obr. 3.3 Uzavřený lapač nečistot pro větší bazén [2]

Obr. 3.4 Vytváření vločky [15]

Obr. 3.5 Schéma filtrace [2]

Obr. 3.6 Schéma praní filtru [2]

Obr. 3.7 Příklad hydraulického systému s ozonizací

Obr. 3.8 UV lampa [24]

Obr. 3.9 Hydraulický systém s rekuperačním výměníkem [2]

Obr. 3.10 Hydraulický systém s přímým ohřevem pomocí solárních kolektorů

Obr. 4.1 Toaleta s oddělením moči [28]

Obr. 4.2 Schéma uspořádání zařízení na čištění šedých vod a zpětného získávání tepla [13]

Obr. 4.3 Filtrační podokapový hrnec [33]

Obr. 4.4 Okapový filtr [33]

Obr. 4.5 Košíčkový filtr [33]

Obr. 4.6 Samočistící filtr [33]

## SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Požadavky na jakost zdroje vody [3]

Tab. 2.2 Požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod v umělých koupalištích [3]

Tab. 3.1 Intenzita recirkulace vody [3]

Tab. 3.2 Přípustné kombinace technologie na úpravu vody v Německu [2]

Tab. 3.3 Tabulka účinnosti dezinfekčních prostředků [17]

Tab. 3.4 Srovnání mezi účinkem SANOSILU a chlóru [23]

Tab. 4.1 Zdroje šedých vod v bazénových provozech [29]

Tab. 4.2 Hodnoty biochemické a chemické spotřeby a pH v šedých vodách [31]

Tab. 4.3 Požadavky na jakost bílé vody [13]

Tab. 4.4 Chemické složení srážek v ČR [33]

Tab. 4.5 Požadavky na jakost dešťové vody [13]

Tab. 4.6 Požadavky na látkové složení dešťové vody u různých způsobů využití [33]

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 3.1 Výskyt kyseliny chlorné a chlornanového aniontu v závislosti na pH vody [22]

Graf 4.1 Předpokládané odpadní vody v plaveckém areálu